

Tehnička uprava
Generalštaba Vojske Jugoslavije

IZDAJE

NIU »VOJSKA«, Birčaninova 5,
Beograd

**ZA IZDAVAČA
NAČELNIK NIU »VOJSKA«**

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

UREĐIVAČKI ODBOR:

Pukovnik
dr JUGOSLAV KODZOPELJIC, dipl. inž.
(predsednik Saveta)
Pukovnik
MIROSLAV MARTINOVIĆ, dipl. inž.
MT pukovnik
dr NOVICA ĐORĐEVIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
dr SINISA BOROVIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika)
Profesor
dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.
Profesor
dr ZORAN STOJILJKOVIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
dr NIKOLA VUJANOVIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
dr VOJISLAV ŠORONDA, dipl. inž.
Pukovnik
mr DESIMIR BOGDANOVIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
mr DRAGO TODOROVIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
dr MILOŠ COLAKOVIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
Miroslav Čojbašić, dipl. inž.
(sekretar Saveta)
Pukovnik
MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.
Potpukovnik
mr SAŠA MILUTINOVIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
mr DRAGOMIR MRDAK, dipl. inž.
Major
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.
Major
RADOSLAV BABIĆ, dipl. inž.

**GLAVNI I ODGOVORNI
UREDNIK**

Pukovnik
Miroslav Čojbašić, dipl. inž.
(tel. 646-277 ili 656-122 lok. 33-133)

Sekretar
Kešetović Snjika
tel. 33-323

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK — BEOGRAD, Birčaninova 5,
Pretpлата 642-042 i 22-788, žiro-račun: NIU
»VOJSKA« (za Vojnotehnički glasnik)
40823-849-0-2393 Beograd. Polugodišnja
pretplata: za pojedince — 8,00 dinara.
Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna
štamparija — Beograd, Generala Žda-
nova 40 b.

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

**STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
VOJSKE JUGOSLAVIJE**

VOJNOTEHNIČKI
Glasnik

5

S A D R Ź A J

Dr Jugoslav Kodžopeljić, puk. dipl. inž.	317	Ostvarivanje kvaliteta, tehničkih sredstava i sistema realizacijom metodologije integralnog tehničkog obezbeđenja
Dr Svetomir Minić, ppk. dipl. inž.	328	Programski paket za izbor najpovoljnijeg modela preventivnog održavanja tehničkih sistema
Dr Živan Arsenić, doc. dipl. inž.		
Jovan Todorović, prof. dipl. inž.		
Tatjana Peković, dipl. inž.	333	Optimalna strategija preventivne zamene
Mr Petar Stanojević, kap. dipl. inž.	342	Utacij faktora tehnologije održavanja na organizacionu strukturu operativnog nivoa sistema održavanja
Mr Zoran Branković, major dipl. inž.	354	Prikaz modela za automatizovanu izradu plana održavanja tehničkih materijalnih sredstava u borbenim dejstvima
Sc Marko Andrejić, kap. I kl. dipl. inž.		
Mr Nenad Parčina, ppuk. dipl. inž.	361	Savremeni trendovi tehnologija za masovno spremanje podataka
Dobrila Dušan, dipl. inž.		
Mr Branislav Todorović, dipl. inž.	370	Analiza uticaja ometačkih signala na radio sisteme za prenos u proširenom spektru metodom direktne sekvence
Dr Dragutin Jovanović, ppuk. dipl. inž.	375	Bezbednost prevoženja kao kriterijum optimizacije organizovanja železničkog saobraćaja
Dr Miloš Ivić, dipl. inž.		
Dr Vitomir Miladinović, prof.	386	Zaštita na radu kod utovarno — istovarnih radova
Mr Dragoljub Cvetković, dipl. inž.	396	Ispitivanje betona pomoću malih eksplozivnih punjenja sa primenom na određivanje značenja činioca otpornosti materijala za beton
Dr Svetomir Minić, ppuk. dipl. inž.	413	Ispitivanje motornih vozila — priručnik

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

P. Marjanović	416	Savremeni artiljerijski sistemi sa uvećanom dužinom cevi
P. Marjanović	421	Ruska samohodna haubica — minobacač NONA — SVK
P. Marjanović	425	Ruski višesevni raketni bacač »SMERČ«
P. Marjanović	428	Ruski samohodni protivoklopni sistem »ŠTURM-S«
P. Marjanović	431	Ruski protivavionski ručni raketni bacač »IGLA«
P. Marjanović	435	Korišćenje prenosnog laserskog oružja
P. Marjanović	437	Francuski taktički lovački avion »Mirage — 3NG«
P. Marjanović	438	Ruski lovac — presretač SU-27

Dr Jugoslav Kodžopeljić,
puk. dipl. inž.

KVALITET I INTEGRALNO TEHNIČKO OBEZBEĐENJE TEHNIČKIH SREDSTAVA I SISTEMA

Nova karakterizacija tehničkih sistema i kvalitet

Proizvodnja tehničkih sredstava, opreme, tehnoloških linija i sistema u svetu svakodnevno raste i usavršava se. Prognoze svetske trgovine i proizvodnje tvrde da će se, krajem ovo veka, na međunarodnom tržištu naći toliko proizvoda koji će predstavljati polovinu ukupne dosadašnje svetske proizvodnje. To ukazuje na to da će međunarodna konkurencija biti nemilosrdna. Na takvom tržištu mesto će imati samo proizvodni sistemi koji budu proizvodili sredstva onih karakteristika i kvaliteta koje takvo tržište traži. U tom smislu, upozoravajuće deluju reči dr J. Jurana na Konferenciji Evropske organizacije za kvalitet još 1990. godine: »Najznačajniji fenomen našeg vremena je povećanje značaja funkcije kvaliteta. Kvalitet je glavna snaga u međunarodnoj konkurenciji, a on je i važna odbrana pretnjama 'tehnološkog društva' prema čovekovoj bezbednosti i bezbednosti okoline«.

Međutim, suština (sadržaj) tog kvaliteta je generalnija karakterizacija svojstava proizvoda nego što je to bilo u dosadašnjem periodu. Naime, kvalitet, pored operativnih svojstava tehničkih sredstava, obuhvata i druga značajna svojstva, pre svega, pouzdanost, pogodnost za održavanje, koncepti odr-

žavanja i opravki, logistička podrška, bezbednost u odnosu na čoveka i njegovu okolinu, itd.

Činjenica je da je generalizacija karakteristika tehničkih sredstava, odnosno njegovog kvaliteta, razvijana i postajala sveobuhvatnija po meri razvoja tehnologija, tehnoloških dostignuća i troškova vezanih za razvoj, proizvodnju i eksploataciju tehničkih sredstava i sistema.

Značajan podatak u tom smislu jeste da je pedesetih godina, u toku korejskog rata, uočena »nedopustivo niska pouzdanost vojne elektronske opreme«, što je izazvalo da se sve do šezdesetih godina vrši analiza pouzdanosti, na papiru, dok je naredna dekada (1960—1970) poznata kao dekada demonstriranja pouzdanosti (merenje i ispitivanje pouzdanosti).

Međutim, uvidelo se da je, bez obzira na visinu ulaganja u pouzdanost oprema ipak otkazivala. Iznenađujući su bili podaci iz 1963. i 1964. godine, koji su pokazivali da se četvrtina vojnog budžeta SAD troši na održavanje, a da se za nabavku elektronske opreme trošilo samo četvrtina od ukupnih petogodišnjih troškova. To je nametnulo potrebu za proučavanjem i rešavanjem problema pouzdanosti i održavanja. Značajno je da je u tom periodu problematika pouzdanosti počela da napušta sferu vojne tehnike i da polako pre-

lazi u oblast proizvodnje industrijske opreme i trajnih potrošnih dobara. U skladu sa ulaganjem u ovu oblast, došlo je do pojave više poznatih vojnih američkih i engleskih standarda. (Karakteristično je da je taj stepen razrade i standardizacije, oblast pogodnosti za održavanje i održavanje postignut tek deset godina kasnije).

Pošto je Evropa godišnje trošila oko 200 miliona dolara za ponavljanje ispitivanja elektronskih komponentata, 1962. godine počeo je proces uspostavljanja sistema za međunarodnu razmenu podataka o laboratorijskim ispitivanjima pouzdanosti elektronskih komponentata. To je rezultiralo osnivanjem, dve godine kasnije, Tehničkog komiteta 56. Međunarodne elektrotehničke komisije (IEC TC 56), sa osnovnim zadatkom definisanja metoda i načina dobijanja podataka o pouzdanosti elektronskih komponentata laboratorijskim putem. Znači, pouzdanost je počela da biva značajna karakteristika kvaliteta (pored čisto operativnih karakteristika).

Vrlo brzo se, međutim, uvidelo da pouzdanost nije dovoljna zbog zavisnosti te karakteristike sredstava od drugih da opiše kvalitet sredstva u celini. Naime, u karakterizaciju kvaliteta uključuje se pogodnost održavanja i raspoloživost, zbog čega 1974. godine pomenuti Komitet proširuje domen svog rada tako da se transformiše u IEC TC 56 »Pouzdanost i pogodnost održavanja«.

Pošto tehnički sistemi postaju sve složeniji, troškovi održavanja postali su dominantan faktor u ukupnim troškovima. Ta činjenica dovodi do toga da koncept ukupnih troškova postaje neodvojivi deo efektivnosti, počevši od definisanja zahteva, pa sve do povlačenja opreme iz upotrebe. To je nametnulo potrebu još šire generalizacije kvaliteta sredstava koja je tražila međunarodnu regulativu. Radi toga, naporom brojnih stručnjaka do danas je izgrađen veliki broj (oko 40 i 40 u izradi) međunarodnih standarda koji pokrivaju tu oblast. Karakteristično je da

ti standardi i ne liče na klasične standarde, već obuhvataju i aktivnosti raspoređene kroz sve faze veka sredstva.

Značajno je ukazati da, radi zadovoljenja integralnih zahteva na nivou sistema, deo ovih aktivnosti nije neposredno vezan za tehničke izvršioce i tehničke timove već za upravno-rukovodne strukture u industriji i kod korisnika.

Dalji razvoj tehničkih sredstava ukazuje na sve veću međuzavisnost parametara raspoloživosti (*availability*), pouzdanosti (*reliability*), pogodnosti održavanja (*maintainability*), održavanja (*maintenance*) — ARMM i logističke podrške (*logistic support*) — LS i ukupnih životnih troškova (*life cycle cost*) — LCC i njihovog uticaja na ostale operativne karakteristike, tj. na (ukupni) kvalitet tehničkih sredstava.

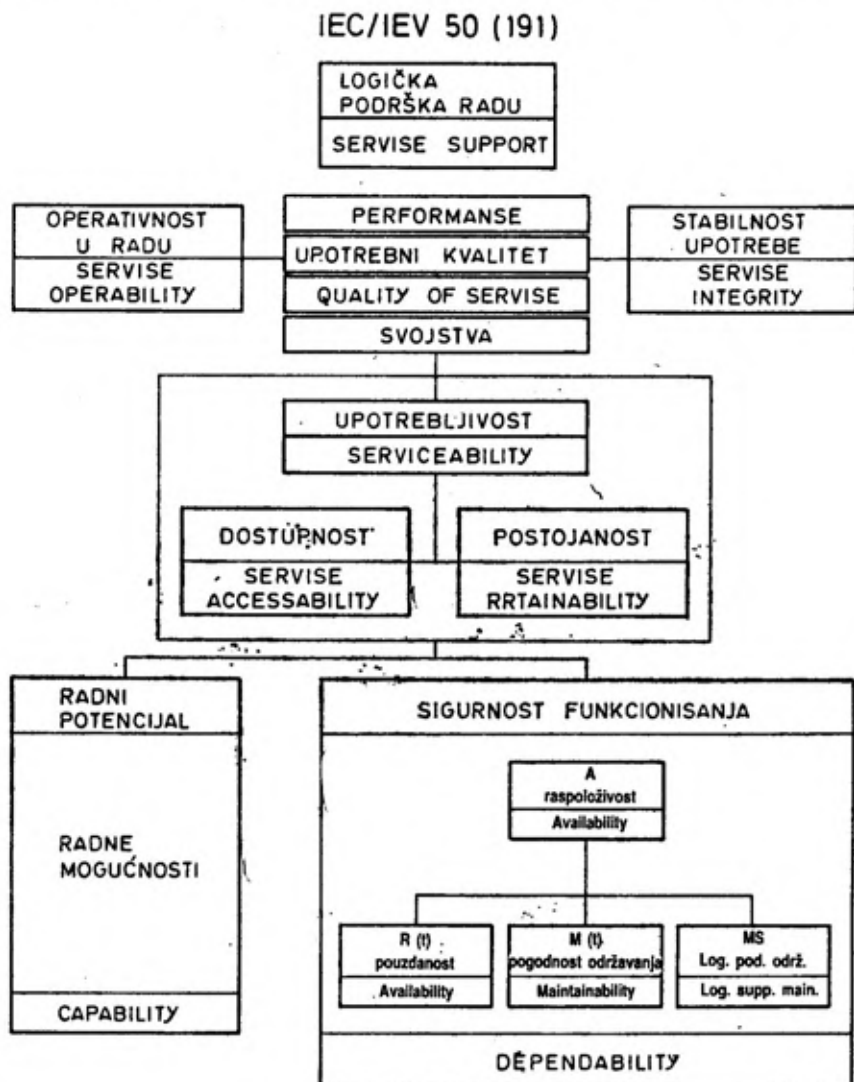
Takav razvoj karakterizacije kvaliteta tehničkih sredstava uticao je na to da se realizuje potreba inženjera širom sveta da dobiju harmonizirane informacije u vidu međunarodnih standarda koje će im omogućiti jedinstven prilaz pri projektovanju, razvoju, proizvodnji, eksploataciji i održavanju (MIL 217 i sl.).

Krajem 1990. godine došlo je do novog proširenja domena rada IEC TC 56, sada kao »sigurnost funkcionisanja« (*dependability*). Te godine publikovan je dokument IEC 50 (191) »Međunarodni elektrotehnički rečnik. Poglavlje 191: Sigurnost funkcionisanja i upotrebnost kvaliteta« (*dependability and quality of service*). Treba uočiti da je prethodno izdanje ovog dokumenta iz 1984. godine nosilo naziv »Pouzdanost, pogodnost održavanja i upotrebnost kvaliteta«. Ovakva karakterizacija i ocenjivanje svojstava i kvaliteta sredstava zahteva visoki nivo stručnosti raznih profila, ali i visoki stepen organizovanosti i stručnih timova i upravnih struktura proizvođača, uz obavezno učešće korisnika i službe održavanja tehničkih sredstava.

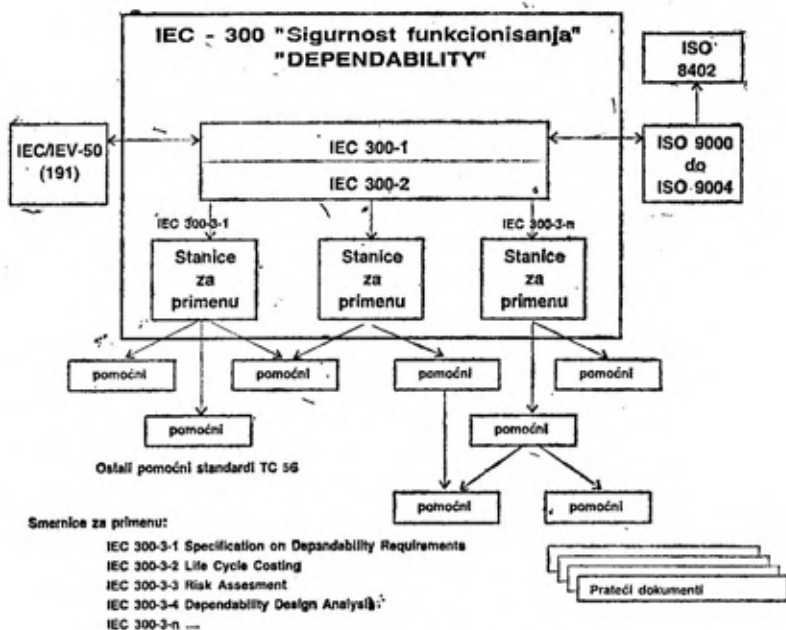
Znači, sredinom devedesetih godina na nivou standarda uključuju se i vrlo značajna svojstva tehničkih sredstava i njegovog kvaliteta kroz oblast logističke podrške održavanja. Ta ukupna svojstva sredstava iskazuju se na način kako to najviše odgovara korisniku (kupcu), ali se ne zanemaruje ni proizvođač. Pri tome su svojstva sistema definisana kao performanse, odnosno osobine koje se odnose na određene periode u veku sistema ili na njegove od-

ređene funkcije. U ovom prilazu osnovni pojam čini »upotrební kvalitet« (quality of service), koji obuhvata ne samo svojstva koja se odnose na rad sredstva, nego i svojstva koja su neophodna da sredstvo bude raspoloživo i da uspešno radi (sl. 1).

Naime, dotadašnja definicija kvaliteta, kao ukupnog efekta radnih performansi sredstva koji određuje stepen zadovoljenja zahteva korisnika, sada se kombinuje aspektima logističke podrš-



Sl. 1 — Osnovni koncept standarda IEC 50 (191)



Sl. 2 — Struktura standarda IEC 300

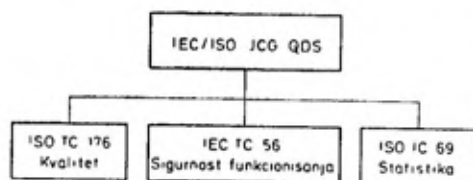
ke, performansama operativnosti i stabilnosti u upotrebi i drugim svojstvima. Napominje se da ISO karakteriše **kvalitet** kao skup svih svojstava i karakteristika proizvoda, procesa ili usluge, koja se odnose na mogućnost da zadovolje utvrđene ili indirektno izražene potrebe korisnika (ISO 8402, 1986).

U vezi sa definisanjem upotrebnog kvaliteta treba istaći da pojam sigurnosti funkcionisanja nije nikakva podvrsta kvaliteta ili obratno. Značajno je uočiti da su upotrebnost kvalitet i sigurnost funkcionisanja komplementarni koncepti sa određenim zajedničkim elementima (sl. 2).

Serijsa standarda IEC 300 javlja se kao centralna tačka u procesu obezbeđenja **sigurnosti funkcionisanja**, odnosno ima istu ulogu kao serija ISO 9000 u procesu **upravljanja i obezbeđenja kvaliteta** proizvoda. Nova karakterizacija kvaliteta prema IEC 50 (191) samo je još više istakla potrebu njihovog međusobnog dopunjavanja.

U daljem razvoju, a kao posledica sve većeg prožimanja elektronike i ma-

šinstva, kao i sve većih potreba za zajedničkim rešavanjem mnogih problema, 1989. godine je ustanovljeno stalno koordinaciono telo IEC/ISO JCG (IEC/ISO Joint Coordination Group — Quality — Dependability — Statistics)



Sl. 3 — Veza međunarodnih komiteta (standarda)

(sl. 3), koje koordinira rad ISO TC 176 (upravljanje i obezbeđenje kvaliteta), IEC TC 56 (sigurnost funkcionisanja) i ISO TC 69 (primena statističkih metoda), sa sledećim ciljevima:

- da identifikuje osnovne oblasti koje je potrebno standardizovati;
- da izvrši reviziju programa TC 56, TC 69 i TC 176 radi izbegavanja dupliranja i mešanja poslova, i

— da predlaže, u što većem obimu, modifikacije radnih programa ova tri tehnička odbora.

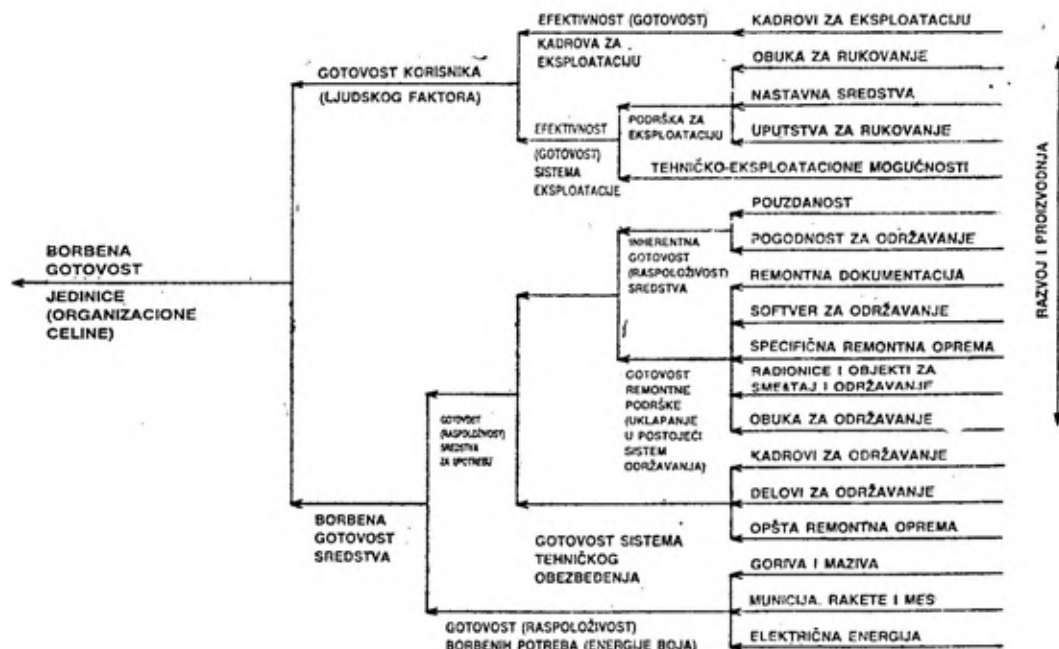
Može se zaključiti da se svetsko tržište i reprodukcioni sistem sve intenzivnije kreću u pravcu širenja koncepta integralnog kvaliteta, koncepta upotrebnog kvaliteta i koncepta sigurnosti funkcionisanja proizvoda, jer je kvalitet proizvoda postao osnovni činilac za opstanak na tržištu i za obezbeđenje profita.

Korisnici (kupci) proizvoda traže jasne ugovorne klauzule koje se odnose na sigurnost funkcionisanja proizvodnje, ali koje moraju, takođe, biti lako razumljive i koje se mogu verifikovati. To zahteva primenu navedenih standarda, s jedne strane, ali i njihovu dalju razradu i proširivanje. Svakoj nacionalnoj privredi predstoji prihvatanje takve metodologije uz najnužnije prilagođavanje.

Stanje razvoja sredstava naoružanja i vojne opreme

Tehnička sredstva i sistemi koji se razvijaju za potrebe vojske poslednjih decenija obezbeđuju visoku efektivnost, ali su zbog toga veoma složene konstrukcije, sa vrhunskim tehnologijama i visokom cenom. Te činjenice dovele su do usavršavanja, a moglo bi se reći i do novih metodologija razvoja i znatnog proširivanja zahteva korisnika sredstava naoružanja i vojne opreme (NVO). Navedeni razvoj širenja karakterizacije tehničkih sistema i kvaliteta bio je prvo u funkciji sredstava naoružanja i vojne opreme, a tek kasnije i šire primene. Koristeći sva dostignuća svojih moćnih industrija i raspoloživog kapitala, u tome naročito prednjače zapadne zemlje.

Bez obzira na sve značajne kapacitete i resurse, koristi se deviza koju je sopštio jedan poznati logističar: ne mamo previše vremena (imamo manje nego protivnik), nemamo dovoljno lju-



Sl. 4 — Zavisnost karakteristika tehničkih sredstava i sistema NVO

di i nemamo dovoljno novca — ne smemo napraviti loše tehničko sredstvo. U stvari, postavlja se rigorozan zahtev da se mora razviti, proizvesti i logistički obezbediti takav tehnički sistem koji će omogućiti maksimalnu operativnu raspoloživost i pouzdanost, ali se takav zahtev optimizira sa troškovima za ceo vek razvijenog sistema ili sredstva.

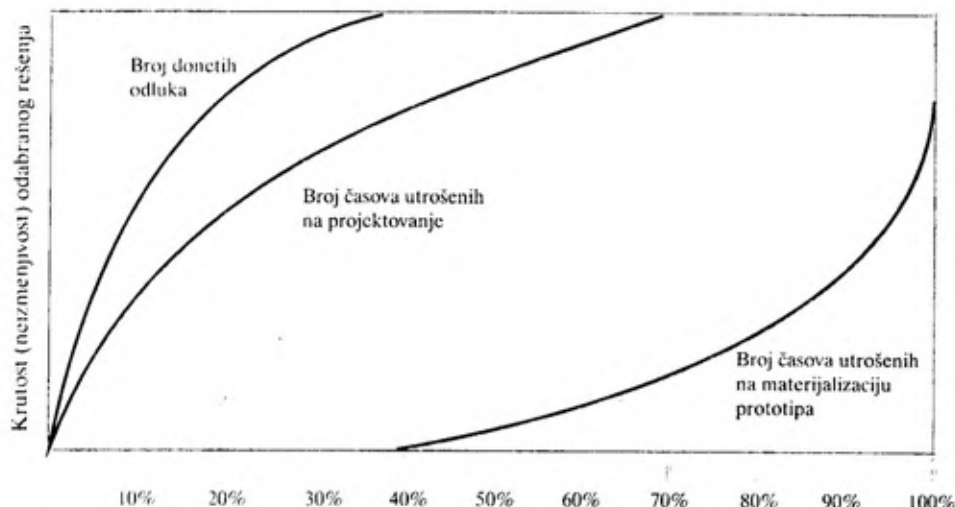
Takvi principi doveli su do znatnog proširivanja zahteva koji se moraju ostvariti pri razvoju sredstava NVO. Radi toga, zahtevi u pogledu pouzdanosti, pogodnosti za održavanje, raspoloživosti, koncepcije sistema održavanja, remonta, sistema snabdevanja rezervnim delovima, energetskih potreba i drugih elemenata logističke podrške, potpuno su ravnopravni, po značaju, sa ostalim taktičko-tehničkim zahtevima (TTZ) (sl. 4).

Takvi zahtevi neminovno su doveli do novih pristupa u razvoju sredstava NVO. Naime, poznato je da su troškovi razvoja i proizvodnje samo manji deo troškova za ceo životni vek (poznati efekat ledenog brega). Po nekim podacima za sredstva NVO troškovi proizvodnje su 10—20 puta manji od naknadnih troškova, odnosno

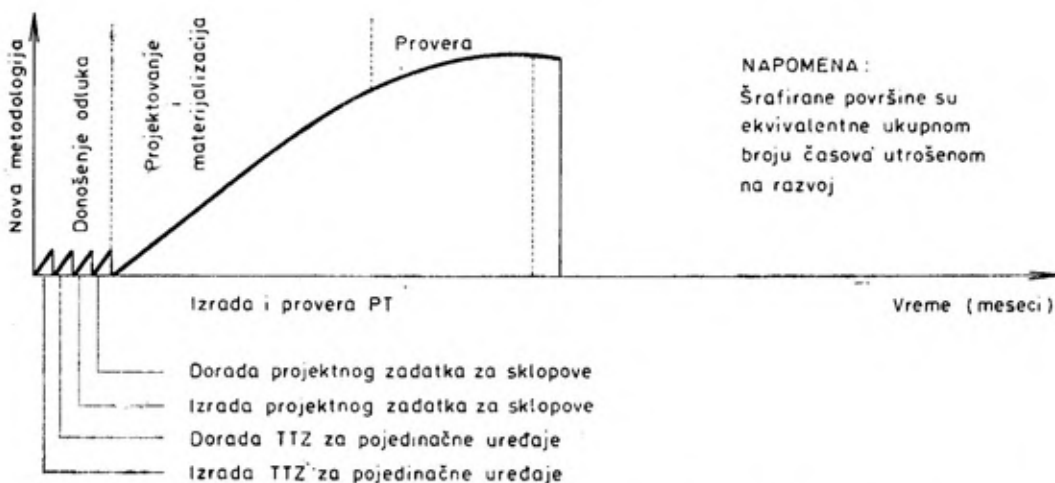
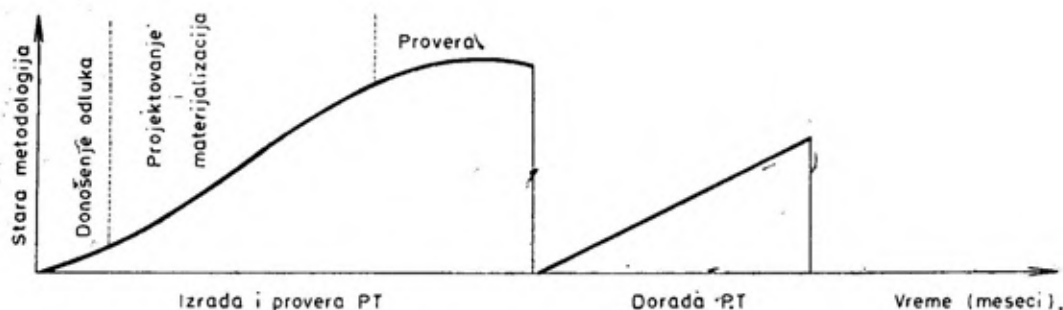
troškova posle uvođenja sredstava NVO u opremu vojske. Zbog toga je nužno da se traži balans između troškova razvoja i proizvodnje i ostalih troškova do kojih dolazi kada taj sistem uđe u operativnu upotrebu.

Za sprovođenje takve metodologije simulira se upotreba sredstava u oružanoj borbi i na osnovu toga optimiziraju se operativne karakteristike (TTZ) sa karakteristikama logističke podrške. To je zahtevalo propisivanje procedura postavljanja TTZ, njihove ugradnje, realizacije kroz projekat, ispitivanja i verifikacije svih postavljanih karakteristika i pridržavanja propisanih uslova u eksploataciji i održavanju. Naime, za rukovođenje i realizaciju navedenih procedura menja se i usavršava organizacija. Timovi koji na tome rade prošireni su stručnjacima svih potrebnih profila, izrađuju se planovi i programi za realizaciju projekata u celini, ali i za realizaciju svake pojedinačne karakteristike sredstva NVO.

Istraživanja pokazuju da ugradnja navedenih elemenata logističke podrške daje najveće efekte ako se sa njom



Sl. 5 — Zavisnost donošenja odluka o razvoju sredstava NVO i njihove materijalizacije



Sl. 6 — Vremenski dijagram trajanja razvoja prototipa kao i ukupnog broja časova utrošenih na razvoj

počne u najranijim fazama razvoja (sl. 5. i 6.).

Takva metodologija dovela je do izdavanja odgovarajućih propisa koji su samo delimično navedeni, a kojih se pridržavaju sve vojske koje sarađuju ili zajednički razvijaju ili proizvode sredstva NVO.

Nove metodologije razvoja, proizvodnje i usvajanja sredstava NVO

Sve veći broj tehničkih sredstava i sistema, njihova složenost i cena, kao i sve oštriji taktički zahtevi organa rukovođenja i komandovanja od sredsta-

va NVO, zaoštrili su probleme tehničkog obezbeđenja. Modernizacija OS u svim domenima dovela je osamdesetih godina do uočavanja potreba da se savremenim principima logističke podrške i u JNA mora pokloniti znatno više pažnje. Tome su doprinela i strana iskustva do kojih se moglo u to vreme dospeti.

Radi toga, 1981. godine na inicijativu tadašnje Tehničke uprave SSNO, izdato je Naredenje saveznog sekretara za narodnu odbranu o primeni »Integralnog tehničkog obezbeđenja« (ITOb) u OS SFRJ. Cilj tog naređenja bio je da se unaprede i usavrše postupak i metode razvoja, proizvodnje, upotrebe

i održavanja sredstava NVO, kao i da se obezbedi što viši nivo operativne raspoloživosti i kvaliteta u čitavom njihovom životnom veku, uz razmatranje svih troškova koji postoje od početka razvoja pa do rashodovanja.

Taj fundamentalni dokument obezbedio je razvoj nove metodologije za proces razvoja sredstava NVO. Očigledno da je do postavljanja te metodologije ITOB-a došlo zbog toga što nije bila poznata druga metodologija koja bi povezivala i obezbeđivala realizaciju zadataka kvaliteta i sigurnosti funkcionisanja sredstava NVO navedenih u prvom delu ovog članka.

Smernice i suština Naređenja o Integralnom tehničkom obezbeđenju, razrađene su kroz odgovarajuća uputstva, pravilnike, preporuke i standarde.

Kao prvi i najznačajniji dokument koji je postavio osnove primene ITOB-a bio je »Pravilnik o opremanju sredstvima NVO«. Za detaljnije objašnjenje pravilskih odredbi i duha navedenog naređenja izdato je »Uputstvo za sprovođenje integralnog tehničkog obezbeđenja«. Kroz »Pravilnik o opremanju sredstvima NVO« definisan je postupak razvoja, sadržaj programskih dokumenata (Taktička studija, Prethodna analiza i Program realizacije) i definisana je »Tehnološka šema aktivnosti pri realizaciji zadataka sopstvenog razvoja i osvajanja po licencnoj dokumentaciji ili razvoju kopiranjem«. Takođe, propisana je i »Tehnološka šema aktivnosti pri pripremi proizvodnje i proizvodnji sredstava NVO« i »Tehnološka šema aktivnosti pri nabavci sredstava NVO iz uvoza«.

Tako propisana metodologija zahtevala je propisivanje mnogih postupaka i tehnika za njenu realizaciju. Zbog toga je, kao prvi korak, za sredstva NVO KoV-a izdat, kao standard narodne odbrane (SNO), dokument pod nazivom »Taktičko tehnički zahtevi za razvoj TMS« — SNO-1096. U tom standardu uglavnom su definisani zahtevi za razvoj TMS koji neposredno ili posredno utiču na tehničko obezbeđenje:

— zahtevi za napajanje TMS električnom energijom;

— zahtevi u pogledu gotovosti (raspoloživosti, spremnosti) TMS;

— zahtevi u pogledu standardizacije, tipizacije i unifikacije;

— zahtevi u pogledu pouzdanosti;

— zahtevi u pogledu pogodnosti za rukovanje i održavanje;

— zaštita na radu sa TMS;

— elementi održavanja, skladištenja i transporta;

— zahtevi u pogledu tehničke dokumentacije za rukovanje i održavanje;

— zahtevi u pogledu obezbeđenja rezervnih delova;

— zahtevi u pogledu obezbeđenja opreme za održavanje i ispitne opreme;

— zahtevi u pogledu obezbeđenja individualnog i grupnog kompleta alata, pribora i rezervnih delova.

Radi obezbeđenja da se propisana metodologija prihvati od svih organa i učesnika u razvoju sredstava NVO, kao standardi narodne odbrane ili uputstva izdati su:

— »Elementi koji se razmatraju prilikom ugovaranja sredstava NVO« — SNO-0477;

— »Rešenje o usvajanju i uvođenju sredstava NVO u naoružanje i opremu OS SFRJ« — SNO-0588;

— »Pouzdanost-provera zahteva za srednje vreme između otkaza u slučaju eksponencijalne raspodele« — SNO-4264;

— »Tehnička dokumentacija — izrada, rukovanje i korišćenje« — SNO-4081;

— »Tehnička dokumentacija — označavanje« — SNO-4082;

— »Aktivnosti i zadaci ITOB-a u toku veka sredstva ili sistema NVO« — SNO-8196;

— »Naredba SSNO o tehničkoj dokumentaciji i drugim uslovima koje moraju ispunjavati NVO za stavljanje u promet u zemlji;

— »Logistika-logističko inženjerstvo« — TU SSNO.

Navedena dokumentacija i propisi u tom periodu samo su delimično rešavali ideju nove metodologije razvoja sredstava. Naime, propisi i uputstva bili su načelne prirode i, što je najvažnije, nisu bili razrađeni Planovi i Programi za postavljanje zahteva, njihovu ugradnju, ispitivanje i verifikaciju. Pored toga, nisu bile urađene metodologije za sprovođenje definisanih postupaka i tehnika razvoja sredstava NVO. Zbog takvih potreba u daljem periodu se nastavlja dokumentaciona razrada integralnog tehničkog obezbeđenja. Radi toga izrađena je, ili je u fazi usvajanja, sledeća dokumentacija:

— »Taktičko tehnički zahtevi za ITOB« — inovirani SNO-1096;

— »Procena i proračun troškova veka NVO«, — TPR-1783;

— »Modeli za vrednovanje tehničke i ekonomske efektivnosti« TPR-1766;

— »Propisivanje, ugradnja i vrednovanje efektivnosti u slučaju sopstvenog razvoja sredstava NVO« — TPR-1780;

— »Propisivanje i vrednovanje efektivnosti u slučaju nabavke sredstava od više konkurentnih« — TPR-1781;

— »Metodologija analize vrsta, posledica i kritičnosti otkaza« — TPR-1767;

— »Projektni zahtevi za izradu softvera« — TPR-1769;

— »Metodologija i kriterijumi za ocenu kvaliteta softvera« TPR-1770;

— »Struktura taktičko-tehničkih zahteva« — SNO-8375;

— »Metodologija verifikacionih ispitivanja pogodnosti za održavanje sredstava NVO«.

Pri definisanju i izradi navedenih propisa korišćena su sva iskustva međunarodne standardizacije, navedena na početku članka, uz nužno prilagođavanje domaćim uslovima.

Pošto se radilo o relativno novoj metodologiji, na njenoj razradi angažovane su sve strukture — od korisnika sredstava NVO, stručnjaka iz razvojnih institucija u JNA i preduzeća namenske industrije i većih proizvođača, kao i stručnjaka koji se bave kontrolom kvaliteta, kvalifikacionim i verifikacionim ispitivanjima i stručnjaka iz eksploatacije i održavanja sredstava NVO. Posebna pažnja posvećena je razvoju mladih kadrova. U tu svrhu inovirani su nastavni programi vojnih škola. Organizovane su i PDS iz oblasti tehničkog obezbeđenja na kojima se ova oblast izučavala.

Na nekim civilnim fakultetima, koliko je poznato, ova problematika se delimično razrađuje, a ima i više odbranjenih doktorskih teza na beogradskom Mašinskom fakultetu.

Integralno tehničko obezbeđenje i upotrebnosti kvaliteta

U ovom materijalu, upotrebnosti kvaliteta i integralno tehničko obezbeđenje se uslovno, pojmovno i sadržinski povezuju uz konstataciju da ITOB ima i šire značenje. To je učinjeno iz dva razloga:

— kod nas do sada nije postojala druga metodologija niti regulativa koja je organizovano rešavala navedenu problematiku za sva tehnička sredstva, pa i NVO, i

— sadržaj ITOB-a po našem mišljenju planski i programski pokriva oblast upotrebnosti kvaliteta, a ima i šira značenja (pokriva i oblast sigurnosti funkcionisanja).

Iz navedenih dokumenata, kojima se regulišu sadržaj i zadaci ITOB-a, to se može dovoljno jasno zaključiti. Da bi se to donekle dokumentovalo, može da posluži sledeća tabela:

Integralno tehničko obezbeđenje — zahtevi —	Upotrební kvalitét — zahtevi —
— kompatibilnost sa sredstvima ili sistemima sa kojima treba da radi — kompletnost sredstva — tehničko-eksploatacione karakteristike — broj, stručnost i psihofizičke osobine posade, posluge, vozača ili rukovatalaca — klimomehanički uslovi upotrebe — zaštita od zračenja izazvanog nuklearnim udarom — zaštita od delovanja elektromagnetnog impulsa nuklearne eksplozije — zaštita od delovanja hemijsko i bakterioloških uticaja — zaštita od elektronskih dejstava — sprečavanje sopstvenog neželjenog zračenja — napajanje sredstva električnom energijom — gotovost (raspoloživost, spremnost) — standardizacija, tipizacija i unifikacija — pouzdanost — pogodnost za rukovanje i održavanje — zaštita na radu sa sredstvom — elementi održavanja, skladištenja i transporta — tehnička dokumentacija za rukovanje i održavanje — obezbeđenje rezervnih delova — oprema za održavanje i ispitna oprema — obezbeđenje IK i GK alata, pribora i rezervnih delova	— performanse logističke podrške — performanse upotrebe: — (performanse dostupnosti i performanse postojanosti): — radni potencijal — performanse raspoloživosti (pouzdanost, pogodnost održavanja i logističke podrške održavanju) — sigurnost funkcionisanja

Na osnovu takvog razvoja i zavisnosti ITOB-a i kvaliteta može se zaključiti:

— integralno tehničko obezbeđenje za sredstva NVO je postavljano i razvijano u dužem periodu. U tom pogledu postignuti su i odgovarajući rezultati koji su adekvatni vremenu, kadrovskom potencijalu, organizovanosti na svim nivoima u toj oblasti, kao i materijalnom ulaganju u razvoj te metodologije. Ta metodologija omogućava dalje usavršavanje i razvoj i najsavremenijih sredstava i sistema NVO;

— međunarodno je prihvaćena standardizacija u oblasti sigurnosti funkcionisanja i upotrebnog kvaliteta, i to sa svim posledicama kojima mogu biti pogođene zemlje koje nisu spremne da takvu standardizaciju prihvate. Pored toga, takva metodologija nije više samo obavezna za sredstva NVO, već je proširena i na sva druga sredstva i usluge;

— ITOB, razvijan za potrebe sredstava NVO, po sadržaju obuhvata oblast sigurnosti funkcionisanja i, skoro u celini, pokriva i kvalitet. Pri tome, prihvata metodologiju i državnu standardizaciju u oblasti kvaliteta i sistema kvaliteta.

Umesto zaključka

Kvalitet i standardizacija elementa i procesa u obezbeđenju skupa svih svojstava i karakteristika proizvoda, procesa ili usluga, koji se odnose na mogućnost da se zadovolje utvrđene ili indirektno izražene potrebe korisnika, u međunarodnim i domaćim uslovima će se nastaviti.

Integralno tehničko obezbeđenje, kao metodologija specifičnosti razvoja tehničkih sredstava i sistema za vojne potrebe, takođe će se dalje razvijati i usavršavati. Pri tome, integralno tehničko obezbeđenje će koristiti dostignuća standardizacije u oblasti kvaliteta i uključivati ih pri realizaciji svoje metodologije.

Literatura:

- [1] Jovičić S.: »Obezbeđenje pogodnosti za održavanje«, NTI br. 1, 1992, VTI.
- [2] Jovičić S.: »Upravljanje i obezbeđenje kvaliteta i sigurnosti funkcionisanja u funkciji nove karakterizacije tehničkih sistema«, NTI br. 1, 1993, VTI.
- [3] Taktičko tehnički zahtevi za razvoj TMS — SNO 1096/85.
- [4] Butler A. R.: Front end support analysis for system desing — Zbornik članaka »Logistics Engineering« — Institut za inženjering industrijskih sistema, Novi Sad i Institut za nuklearne nauke »Boris Kidrič« Vinča, Dubrovnik, 1987.
- [5] Butler A. R.: A new approach to front end analysis in system desing — Zbornik članaka »Logistics engineering« — Institut za inženjering industrijskih sistema, Novi Sad i Institut za nuklearne nauke »Boris Kidrič« Vinča, Dubrovnik, 1987.
- [6] »Osnovne integralne logističke podrške tehničkih sredstava i sistema« JUSK, Beograd, 1989.
- [7] Blanchard B.: »Logistics Engineering and Management«, New Jersey, 1974. (1981).
- [8] Blanchard B.: »Design and Manage to life cycle cost«, Virginia Polytechnic Institute and State University, Portland, Oregon, 1978.
- [9] Muždeka S.: Logistika — logističko inženjerstvo, TU SSNO, skripta, 1981.
- [10] Praprotnik J.: »Tehničko obezbeđenje novih generacija borbenih i neborbenih sredstava u OS SFRJ«, Vojnotehnički glasnik br. 6, 1980.
- [11] Blanchard B.: »Logistic Engineering and Analysis«, Internatinal School, Dubrovnik, 1980.
- [12] Kodžopeljić J.: »Logistička podrška savremenih tehničkih sredstava i sistema — integralno tehničko obezbeđenje«, Tehnika br. 7—8, Beograd, 1982.
- [13] Kodžopeljić J., Kostić S. i Stamenković B.: »Programiranje integralnog tehničkog obezbeđenja pri opremanju oružanih snaga sredstvima naoružanja i vojne opreme«, Vojnotehnički glasnik br. 4, 1987.

Dr Svetozar Minić,
potpukovnik, dipl. inž.

Doc. dr Zivan Arsenić,
dipl. inž.

Prof. dr Jovan Todorović,
dipl. inž.

PROGRAMSKI PAKET ZA IZBOR NAJPOVOLJNIJEG MODELA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA

Uvod

Teorija i praksa inženjerstva održavanja tehničkih sistema ukazuju na to da se rešenja za optimalno upravljanje procesima promene parametara stanja i održavanja i dobijanje stvarne ocene stanja sistema moraju zasnivati na metodologiji održavanja prema pouzdanosti, i to na metodama kombinovanih koncepcija i složenih modela održavanja. Uz to, neophodno je da se sistem posmatra na nivou sastavnih elemenata, uz optimalno grupisanje pojedinih postupaka preventivnog održavanja. Na taj način znatno se snižavaju i troškovi održavanja [1, 8].

U radu je predložen algoritam za izbor najpovoljnije koncepcije i modela održavanja elemenata sistema, na osnovu kojeg je razvijen programski paket »DMPOPS« [8] koji omogućava automatizovanu simulaciju izbora najpovoljnijeg modela održavanja. Za izabrani model programski paket daje optimalne izlazne operacione karakteristike koje predstavljaju relevantne informacije u procesu donošenja odluke korisnika za pravovremeno i efikasno sprovođenje postupaka preventivnog održavanja sistema.

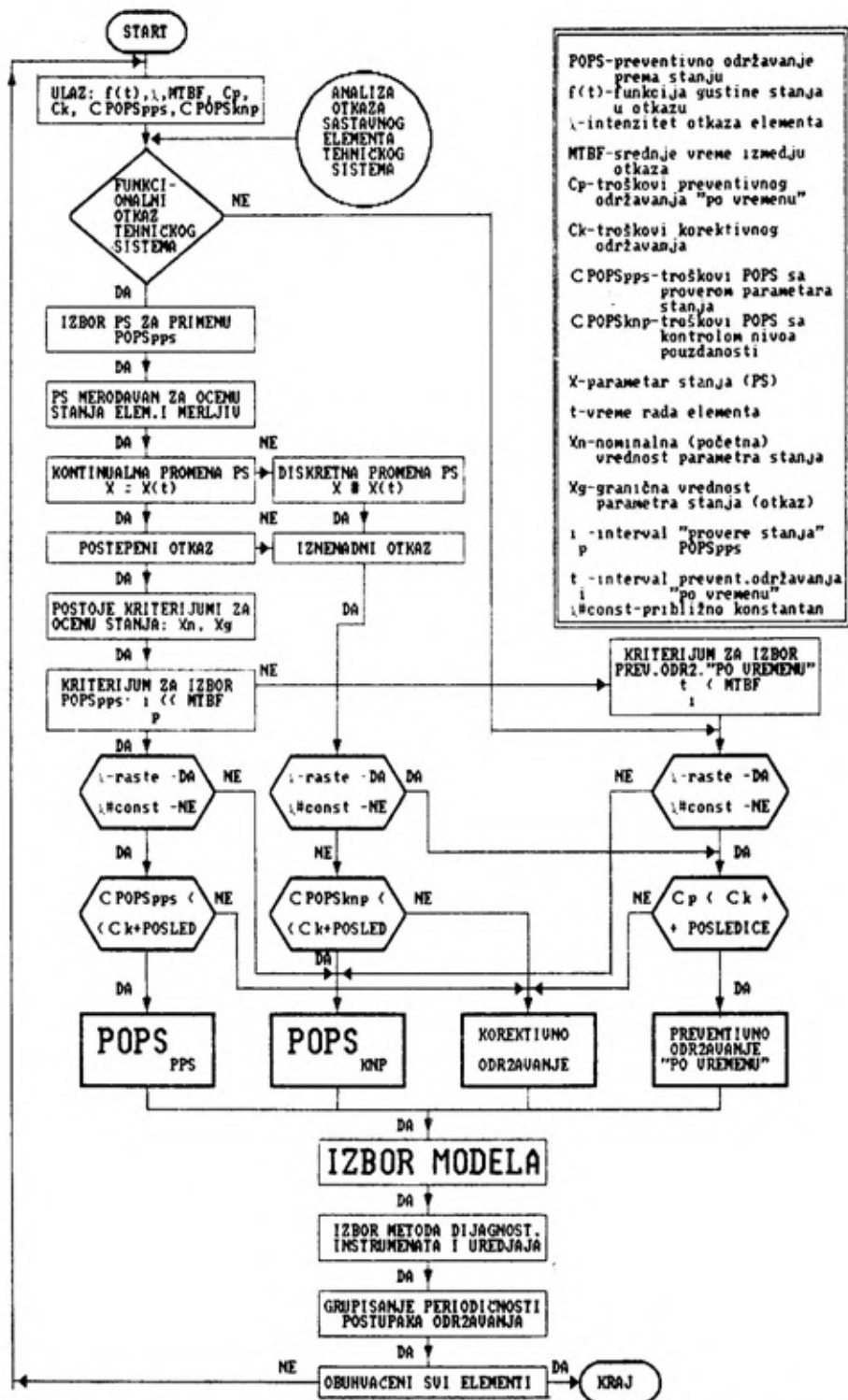
Prikaz algoritma

Koristeći metod »sistemskog prilaza« (postupak izbora »najboljeg« reše-

nja za date okolnosti) razvijen je algoritam za izbor najpovoljnije koncepcije i modela održavanja sa stanovišta uticaja definisanih kriterijuma i cilja, koji je prikazan na slici 1 [8].

Izbor najpovoljnije koncepcije i modela održavanja u smislu primene preventivnog održavanja prema stanju (POPS), preventivnog održavanja »po vremenu« (engleski »hard time limit«) ili korektivnog održavanja uslovljen je različitim uticajima tehničkog i ekonomskog karaktera. Osnovno opredeljenje, u odnosu na tehničke karakteristike sistema, sprovodi se na osnovu karaktera intenziteta otkaza (λ), tj. ako je intenzitet otkaza u vremenskoj bazi rastuća funkcija, treba primeniti preventivno održavanje. Opredeljenje u odnosu na ekonomske karakteristike sistema vezano je za analizu odnosa odgovarajućih troškova održavanja [2].

Odluka o pogodnosti primene neke koncepcije održavanja mora se doneti za svaki sastavni element posebno, na bazi »dekomponovanja« sistema. Potrebno je, pre svega, odrediti pokazatelje pouzdanosti posmatranog elementa. Analiza uticaja otkaza pojedinih elemenata na pouzdanost sistema započinje strukturnom analizom u kojoj se identifikuju vrste otkaza i parametri stanja merodavni za ocenu stanja. Pri tome je neophodno definisati

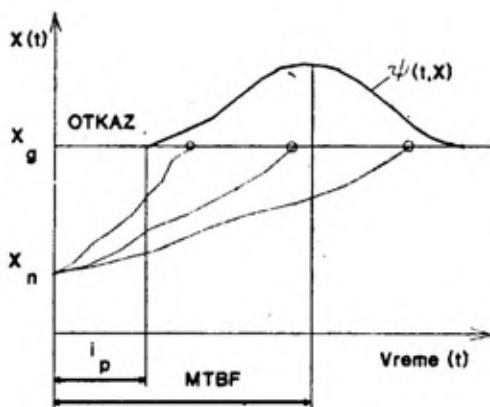


Sl. 1 — Algoritam za izbor najpovoljnije koncepcije i modela održavanja tehničkih sistema

i matematičke zakonitosti promene parametara stanja i njihove granične vrednosti.

Područje primene koncepcije preventivnog održavanja »po vremenu« određeno je rastućom funkcijom intenziteta otkaza. Za elemente sa približno konstantnim intenzitetom otkaza primeniće se koncepcija POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti $POPS_{knp}$ [4], a za elemente sa konstantnim intenzitetom otkaza uvek će se primeniti korektivno održavanje. Da bi se primenila koncepcija POPS sa proverom parametara stanja ($POPS_{pps}$) potrebno je da se identifikuje jedan (ili više) parametar stanja, merodavan za stanje posmatranog elementa, i da se on može meriti. Potrebno je, zatim, da se definiše zakonitost promene parametra stanja u funkciji vremena rada, kao i da se ustanovi granica otkaza (X_g), koja se zasniva na prethodnom iskustvu. Ova koncepcija je isključivo primenljiva na elemente sa kontinualnom promenom parametra stanja, tj. kod kojih otkaz nastaje »postepeno«, a ne »iznenada«.

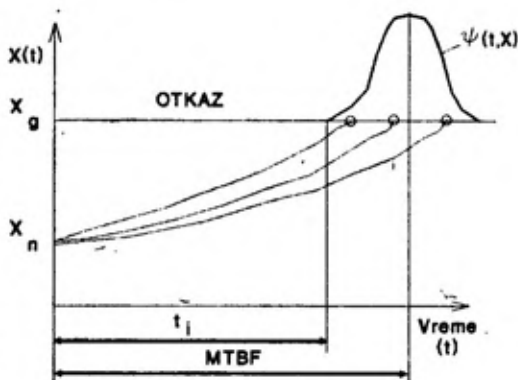
Kriterijum za primenu $POPS_{pps}$ određuje se iz odnosa intervala »provere stanja« (i_p) i srednjeg vremena rada sastavnog elementa sistema između otkaza ($t_m = MTBF$).



Sl. 2 — Promena parametara stanja $X(t)$ za primenu $POPS_{pps}$

Primena $POPS_{pps}$ može da bude efektivna u slučaju kada raspored ponovljenih tokova promene nekog parametra stanja ima široko rasturanje, kao što je prikazano na slici 2. U ovom slučaju dužina intervala »provere stanja« (i_p) znatno je manja od MTBF ($i_p \ll MTBF$) [7].

Nasuprot prethodnoj situaciji, na slici 3 ilustrovan je raspored ponovljenih tokova promene parametra stanja, kod kojeg je malo rasturanje podataka o MTBF, a interval preventivnog održavanja »po vremenu« (t_i) nije znatno manji od MTBF, pa se u ovom slučaju primenjuje preventivno održavanje »po vremenu« [7].



Sl. 3 — Promena parametra stanja $X(t)$ za primenu preventivnog održavanja »po vremenu«

Sledeći korak algoritma za izbor koncepcije održavanja sprovodi se analizom odnosa troškova održavanja, pri čemu troškovi primenjene koncepcije preventivnog održavanja moraju biti manji od troškova korektivnog održavanja i njegovih posledica ($C_p < C_k + POSLEDICE$).

U skladu sa odabranom koncepcijom održavanja bira se odgovarajući model održavanja, zatim sledi izbor dijagnostičkih metoda, instrumenata i uređaja i, konačno, vrši se optimalno grupisanje periodičnosti pojedinih postupaka preventivnog održavanja.

Opis i praktična primena programskog paketa »DMPOPS«

Na osnovu definisanog algoritma za izbor najpovoljnije koncepcije i modela održavanja razvijen je programski paket DMPOPS.

Ovaj programski paket na osnovu poznate vremenske slike stanja o radu i održavanju elemenata sistema vrši statističku obradu podataka, definiše raspodele slučajno promenljive veličine i odgovarajuće funkcije intenziteta otkaza i bira najpovoljniju raspodelu, na bazi kriterijuma Kolmogorova. Na osnovu karaktera intenziteta otkaza i podataka o troškovima preventivnog i korektivnog održavanja, programski paket vrši izbor najpovoljnije koncepcije održavanja. Ako se zaključi da ima osnova za primenu preventivnog održavanja, DMPOPS predlaže najbolji model. Za ovaj model programski paket određuje optimalnu izlaznu operacionu karakteristiku koja daje osnovu za optimalno upravljanje procesom održavanja sistema.

Programski paket DMPOPS predstavlja sintezu sledećih optimalnih matematičkih modela održavanja [3 do 6, 8]: model POPS sa proverom parametara stanja (EKARAN), model POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti ($POPS_{knp}$), model preventivnog održavanja »po vremenu« na bazi kriterijuma minimalnih troškova (MINTRO), model preventivnog održavanja »po vremenu« na bazi kriterijuma maksimalne gotovosti (MAXGOT) i model optimalnog grupisanja periodičnosti postupaka preventivnog održavanja (MODOGRUP).

Izlazne operacione karakteristike DMPOPS su: optimalni interval preventivnog održavanja (t_i), ako su u pitanju modeli preventivnog održavanja »po vremenu« na bazi kriterijuma minimalnih troškova ili kriterijuma maksimalne gotovosti, interval »provere stanja« (i_p) i dozvoljena vrednost parametara stanja (X_d) ako je odabran mo-

del $POPS_{pps}$, gornja granica regulacije nivoa pouzdanosti (GGR) za model $POPS_{knp}$, i optimalni interval preventivnog održavanja grupe elemenata za model optimalnog grupisanja periodičnosti postupaka preventivnog održavanja.

Ilustracije radi, u daljem delu ovog rada prikazani su neki od primera praktične primene programskog paketa DMPOPS u DEMO verziji, koja predstavlja potprograme programskog paketa za simulaciju pojedinačnih modela održavanja.

Koristeći podatke o ulaznim parametrima modela EKARAN, potprogram programskog paketa simulira ovaj model i grafički ga interpretira. Za izabrani parametar stanja, preko kojeg se ocenjuje stanje elementa sistema, dobijaju se izlazne operacione karakteristike modela EKARAN: vreme »prve« provere stanja (t_i), dozvoljena vrednost parametra stanja (X_d) i »signalizaciona tolerancija« parametra stanja (Δ_x).

Potprogram za simulaciju modela $POPS_{knp}$ omogućava određivanje gornje granice regulacije (GGR) nivoa pouzdanosti grupe istotipskih elemenata sistema u funkciji od željenih, definisanih veličina. U ovom primeru je, na osnovu unetih ulaznih podataka modela, a za izabrani dijagnostički parametar — tokom kretanja otkaza, određena GGR u funkciji srednjeg vremena rada, za razne vrednosti pouzdanosti. Stvarni broj otkaza i dobijena vrednost GGR definišu »signal modela« za preduzimanje aktivnosti održavanja.

Sledeći segment u okviru programskog paketa DMPOPS je potprogram za simulaciju modela MINTRO, i to za model zamene posle određenog vremena rada (MINTRO-1) i model blok-zamene (MINTRO-2).

Na osnovu unetih podataka za broj posmatranih sistema, ukupno vreme rada, parametre Vejbulove raspodele i troškove preventivnog i korektivnog održavanja, automatizovano se dobija

dijagram funkcije troškova u zavisnosti od vremena rada, za razne vrednosti intervala preventivnog održavanja. Optimalni interval preventivnog održavanja je egzaktno definisan minimumom funkcije troškova.

Za simulaciju modela MAXGOT neophodno je unapred uneti u potprogram podatke za srednja vremena preventivnog i korektivnog održavanja i za parametre Vejbulove raspodele. Rezultati simulacije dobijaju se u obliku dijagramskog prikaza funkcije gotovosti, u zavisnosti od vremena rada, čija ekstremna vrednost definiše optimalni interval preventivnog održavanja.

Potprogram modela MODOGRUP zahteva da se definišu ulazni podaci za pojedinačne elemente sistema: ukupna vremena rada, parametri Vejbulove raspodele i troškovi preventivnog i korektivnog održavanja. Kao rezultat simulacije dobija se grafički prikaz funkcije troškova za pojedinačne elemente, kao i za grupu elemenata čiji minimum definiše izlaznu operacionu karakteristiku — optimalni interval preventivnog održavanja grupe elemenata.

Literatura:

- [1] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema — Maintainability Engineering, JUMV, Beograd, 1993.
- [2] Arsenić, Z., Vasić, B.: Efektivnost tehničkih sistema — Rešavanje karakterističnih problema primenom računara, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.
- [3] Gertsbakh, I. B.: Models of preventive maintenance, North — Holland publishing Company Amsterdam — New York — Oxford, 1977.
- [4] Smirnov, N. N., Icković, A. A.: Obsluživanje i remont aviaacionoj tehnici po sotojaniju, Transport, Moskva, 1980.

Zaključak

Razvijeni programski paket DM-POPS korektno simulira izbor najpovoljnijeg modela održavanja i automatizovano rešava matematičko-modelsku interpretaciju procesa održavanja, dajući optimalne izlazne operacione karakteristike modela koje predstavljaju osnovu za visok nivo procesa odlučivanja korisnika o dinamici sprovođenja postupaka preventivnog održavanja sistema.

Primenom DMPOPS rešava se dinamičko sagledavanje problema izbora i primene najpovoljnijeg modela za optimalno upravljanje procesom održavanja složenih tehničkih sistema i time ostvaruje odgovarajući stepen automatizacije upravljanja održavanjem.

Ovaj programski paket je opšteg karaktera i može biti primenjen na različite tehničke sisteme, pod uslovom da je podržan kvalitetnim informacionim sistemom o radu i održavanju.

Implementacijom DMPOPS mogu se ostvariti značajni efekti — obezbediti zahtevana pouzdanost i gotovost sistema i smanjiti troškovi održavanja.

- [5] Bednjak, M. N.: Modelirovanie procesov tehničeskogo obsluživanja i remonta avtomobilej, Viššaja škola, Kiev 1983.
- [6] Vujanović, N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1980.
- [7] Smit, K.: Why Condition Monitoring? — Condition Monitoring s Part of a Maintenance Concert for Complex Equipment, XIIIth Conference YUMO '86, Belgrade, 1986.
- [8] Minić, S.: Dinamički model preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.

Uvod

Radi izbora najpovoljnije strategije sprovođenja preventivnih zamena, koje predstavljaju jednu od osnovnih mera za obezbeđivanje zahtevane pouzdanosti i raspoloživosti tehničkih sistema u toku njihove eksploatacije, potrebno je razmotriti veze koje postoje između parametara pouzdanosti (funkcija raspodele vremena do pojave otkaza, intenzitet otkaza, srednje vreme do pojave otkaza) i utroška resursa, vremenskih (vremena potrebna za vršenje planske, odnosno korektivne zamene), materijalnih (rezervni delovi) i finansijskih (cena radova, cena rezervnog dela, troškovi zastoja). Kako bi se ustanovilo šta se preventivnim zamenama elemenata dobija, najbolje je da se karakteristike pojedinih strategija daju u odnosu na slučaj kada se preventivna zamena ne vrši, već se čeka da element otkaze da bi bio zamenjen. Takav postupak se može posmatrati kao posebna strategija koja će tekstu koji sledi biti označavana kao strategija A.

Na primeru frikcionih diskova spojnice traktora [1], korišćenjem izvedenih izraza za optimalni period preventivne zamene i minimalnih ukupnih troškova preventivnih zamena u slučaju kombinovane (age replacement) zamene [2], u daljem tekstu strategija B i grupne (block replacement) zamene

[3], u daljem tekstu strategija C, dobijene su brojčane vrednosti za 14 karakteristika za sve tri strategije. Upoređivanjem tih vrednosti, zajedno sa prethodno izvedenim zaključcima iz razmatranja opšteg uslova opravdanosti vršenja preventivnih zamena i analize zavisnosti optimalnog perioda preventivne zamene od odnosa troškova planske i korektivne zamene, dobijeni su elementi za izbor najpovoljnije strategije zamena za konkretne primere iz prakse. Na taj način, u ovom radu su objedinjeni rezultati izučavanja procesa kombinovane [2] i grupne [3] preventivne zamene tako da on sa ta dva navedena rada čini jednu celinu. Rezultati analize opšteg uslova opravdanosti vršenja zamena elemenata pre nego što su otkazali i uspostavljanje zavisnosti optimalnog perioda zamena od odnosa troškova planske i korektivne zamene u celom rasponu mogućih vrednosti tog odnosa, za obe osnovne strategije preventivnih zamena, predstavljaju dopunu, uopštavanje i sintezu prethodno dobijenih rezultata.

Korišćene oznake:

- | | |
|---------|--|
| β | — parametar oblika Vejbulove raspodele, |
| η | — parametar razmere Vejbulove raspodele, |

$R(t)$	— verovatnoća da će element raditi bez otkaza do trenutka t ,	C, C_{kk}, C_{kg}	— ukupni troškovi korektivnih zamena pri strategijama A, B i C,
$H(t)$	— funkcija obnavljanja,	C_{pk}, C_{pg}	— ukupni troškovi preventivnih zamena pri strategijama B i C,
$h(t)$	— gustina funkcije obnavljanja,	C, C_{vk}, C_{vg}	— ukupni troškovi zamena pri strategijama A, B i C.
$\lambda(t)$	— trenutna vrednost intenziteta otkaza,		
$\lambda_s, \lambda_{sk}, \lambda_{sg}$	— srednje vrednosti intenziteta otkaza pri strategijama A, B i C,		
$\lambda_{sk}, \lambda_{sg}$	— ekvivalentne vrednosti intenziteta otkaza pri strategijama B i C,		
m, m_k, m_g	— srednja vremena do obnavljanja pri strategijama A, B i C,		
T_k, T_g	— optimalni periodi preventivnih zamena pri strategijama B i C,		
T_v	— ukupno vreme rada u toku perioda eksploatacije tehničkog sistema,		
m_{ok}, m_{og}	— srednja vremena do otkaza pri strategijama B i C,		
N, N_{kk}, N_{kg}	— srednji broj obnavljanja usled otkaza pri strategijama A, B i C,		
N_{pk}, N_{pg}	— srednji broj obnavljanja preventivnom zamnom pri strategijama B i C,		
N, N_k, N_g	— srednji ukupni broj obnavljanja pri strategijama A, B i C,		
C_o	— troškovi po jedinici vremena kada se vrši samo korektivna zamena elementa,		
C_k	— troškovi korektivne zamene,		
C_p	— troškovi planske zamene,		
C_{rk}, C_{rg}	— relativni ukupni troškovi zamena po jedinici vremena pri strategijama B i C,		

Opravdanost sprovođenja preventivnih zamena u zavisnosti od odnosa troškova planske i korektivne zamene

Kada se zamena elementa vrši samo u slučaju njegovog otkaza, tj. kada nema preventivne zamene (strategija A), ukupni troškovi po jedinici vremena iznose:

$$C_o = \frac{C_k}{m} \quad (1)$$

Relativni troškovi (normirani troškovi) koji se stvaraju pri primeni strategije B u odnosu na troškove pri strategiji A iznose:

$$C_{rk} = \frac{m}{m_k} \cdot \frac{C_k - (C_k - C_p) \cdot R(T)}{C_k} \quad (2)$$

Opšti uslov opravdanosti vršenja preventivne zamene elementa koji nije otkazao da je $C_{rk} < 1$, te se na osnovu (2) može napisati:

$$\frac{m - m_k}{m \cdot R(t)} < 1 - \frac{C_p}{C_k} \quad (3)$$

tako da, u slučaju Vejbulove raspodele vremena do pojave otkaza, uslov opravdanosti vršenja preventivne zamene korišćenjem strategije B glasi:

$$\frac{C_p}{C_k} < 1 - \frac{m - m_k}{m \cdot R(T)} \quad (4)$$

Korišćenjem izraza (4) na sl. 1 za $\beta=2$ i $\beta=4$ prikazane su krive (punim

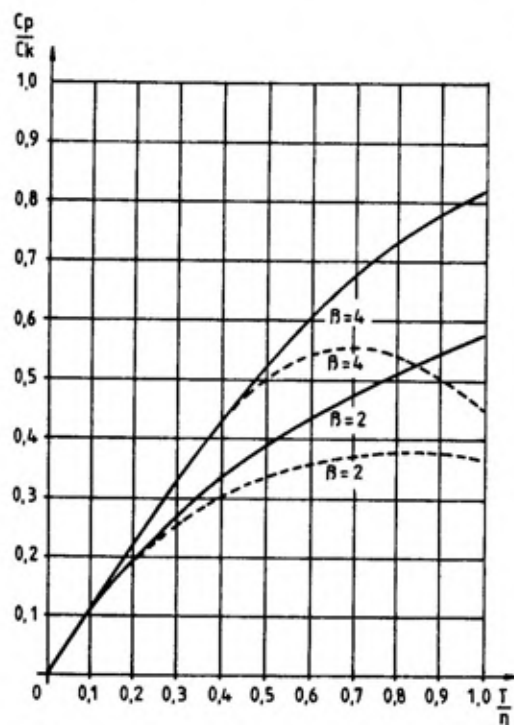
linijama) koje razdvajaju oblast u kojoj nije opravdano vršiti preventivnu zamenu (levo od krivih) od oblasti u kojoj je vršenje preventivne zamene opravdano (desno od krivih). Sa sl. 1 vidi se da se za veće vrednosti parametara β preventivna zamena isplati i pri većim vrednostima odnosa troškova planske i korektivne zamene.

U slučaju strategije C relativni ukupni troškovi u odnosu na troškove pri strategiji A iznose:

$$C_{rg} = \frac{m \cdot (C_k \cdot H(T) + C_p)}{C_k \cdot T} \quad (5)$$

tako da se iz uslova opravdanosti vršenja preventivne zamene $C_{rg} < 1$ dobija:

$$\frac{C_p}{C_k} < \frac{T}{m} - H(T) \quad (6)$$



Sl. 1 — Granice oblasti opravdanosti vršenja preventivnih zamena za strategiju B i C (za različite vrednosti parametara oblika Vejbulove raspodele; $\beta=2$ i $\beta=4$)

Korišćenjem programskog paketa MathCAD i simulacijom procesa obnavljanja na osnovu izraza (6) sračunate su i na sl. 1 prikazane (isprekidanim linijama) krive za $\beta=2$ i $\beta=4$ koje razdvajaju oblast opravdanosti sprovođenja preventivne zamene korišćenjem strategije C od oblasti u kojoj to nije opravdano. Sa sl. 1 vidi se da se, kao i u slučaju strategije B, za veće vrednosti parametara β , preventivna zamena isplati i pri većim vrednostima odnosa troškova planske i korektivne zamene.

Optimalni period preventivne zamene u zavisnosti od odnosa troškova planske i korektivne zamene

U oblasti opravdanosti vršenja preventivne zamene od posebnog je značaja kriva koja povezuje optimalne vrednosti perioda preventivne zamene, pri kojima ukupni troškovi po jedinici vremena imaju minimalne vrednosti. U slučaju strategije B dobijeno je [2] da optimalne vrednosti treba da zadovolje relaciju:

$$\lambda(T) \cdot m_k + R(T) = \frac{C_k}{C_k - C_p} \quad (7)$$

koja se može napisati u obliku:

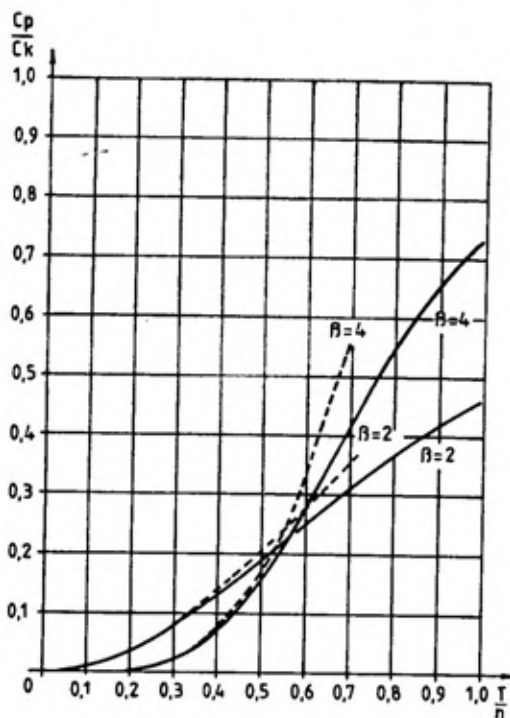
$$\frac{C_p}{C_k} = 1 - \frac{1}{\lambda(T) \cdot m_k + R(T)} \quad (8)$$

U slučaju strategije C dobijeno je [3] da optimalne vrednosti perioda preventivnih zamena treba da zadovolje relaciju:

$$\frac{C_r}{C_k} = T \cdot h(T) - H(T) \quad (9)$$

Na sl. 2, za slučaj Vejbulove raspodele sa parametrima oblika $\beta=2$ i $\beta=4$, prikazane su krive optimalnih vrednosti perioda preventivne zamene

u zavisnosti od odnosa troškova planske i korektivne zamene sračunate, za slučaj strategije B korišćenjem izraza (8) i slučaj strategije C korišćenjem izraza (9). Izračunavanja su izvršena korišćenjem programskog paketa MathCAD na način kako je to opisano u [2] i [3].

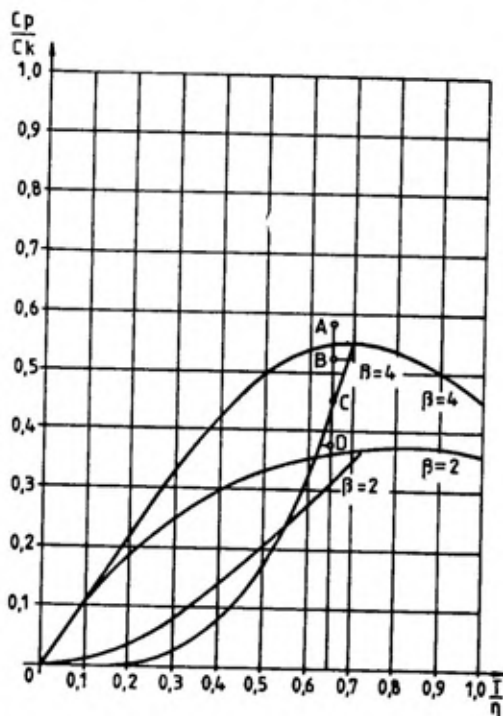


Sl. 2 — Geometrijska mesta optimalnih perioda preventivnih zamena za strategije B i C (za različite vrednosti parametara oblika Vejbulove raspodele; $\beta=2$ i $\beta=4$)

Radi jasnije interpretacije krivih sa sl. 1 i sl. 2, krive (isprekidane linije) koje odgovaraju strategiji C sa obe slike, prikazane su i na sl. 3, na kojoj su naznačene četiri tačke sa istim periodom preventivne zamene i različitim odnosom troškova planske i korektivne zamene.

Tačka A se nalazi u oblasti u kojoj nije opravdano vršiti preventivnu zamenu korišćenjem strategije C za vrednost parametra $\beta \leq 4$. Ostale tačke

nalaze se u oblasti u kojoj je opravdano vršiti preventivnu zamenu korišćenjem strategije C, s tim što se u slučaju tačke B zamena vrši ranije nego što treba, tako da su ukupni troškovi po jedinici vremena veći od minimalnih zbog toga što se element koji se preventivno zamenjuje nedovoljno koristi. Ukupni troškovi zamena veći su od optimalnih i u slučaju tačke D, ali zbog toga što se preventivna zamena vrši kasnije nego što je to potrebno (optimalno) za dati odnos troškova planske i korektivne zamene. Samo u slučaju tačke C postigli bi se optimalni (najmanji mogući) ukupni troškovi zamena. Sa sl. 3 se, takođe, vidi da je za sve četiri tačke odnos troškova planske i korektivne zamene suviše veliki da bi bila opravdana primena strategija C preventivnih zamena pri $\beta \leq 2$.



Sl. 3 — Granice opravdanosti vršenja preventivnih zamena i geometrijska mesta optimalnih perioda preventivne zamene za strategiju C (za različite vrednosti parametara oblika Vejbulove raspodele; $\beta=2$ i $\beta=4$)

Uporedne karakteristike strategija B i C

Rešavanje problema preventivne zamene svodi se na rešavanje tri osnovna zadatka:

- utvrđivanje opravdanosti sprovođenja preventivne zamene,
- izbor najpovoljnije strategije,
- nalaženje optimalnog rešenja za izabranu strategiju.

Opravdanost vršenja preventivne zamene može se utvrditi na osnovu dijagrama krivih, određenih iz opšteg uslova opravdanosti vršenja preventivnih zamena koji bi sadržao veći broj krivih za više različitih vrednosti parametra β nego što je to slučaj na sl. 1. Odgovarajući dijagrami mogu se uraditi i za druge raspodele sa rastućim intenzitetom otkaza.

Postupak nalaženja optimalnog rešenja za strategije B i C detaljno je izložen u [2] i [3].

Za izbor povoljnije strategije potrebno je poznavati karakteristike strategije B i C pri različitim vrednostima odnosa troškova planske i korektivne zamene za različite vrednosti parametara raspodele vremena do pojave otkaza elementa. Sa sl. 1, na osnovu datih krivih vidi se da je oblast u kojoj je opravdano primeniti strategiju C uža od odgovarajuće oblasti za strategiju B pri istim vrednostima parametra β . Na osnovu krivih sa sl. 2, koje predstavlja geometrijska mesta tačaka optimalnih vrednosti perioda preventivnih zamena pri različitim odnosima troškova planske i korektivne zamene, mogu se izvesti važni zaključci u vezi karakteristika analiziranih strategija, koje su značajne za izbor povoljnije strategije u svakom konkretnom slučaju.

Pri malim vrednostima odnosa troškova planske i korektivne zamene, a to je slučaj kada je cena rezervnog dela niska i kada su troškovi planske zamene relativno mali, sa sl. 2 vidi se da praktično nema razlike između strate-

gija B i C, periodi preventivnih zamena se međusobno ne razlikuju za obe vrednosti parametra β . To znači da se u toj oblasti mogu koristiti prednosti strategije C, lakše planiranje i sprovođenje preventivnog održavanja i bolje iskorišćenje ekipa za održavanje, a da ukupni troškovi zamena ne budu veći u odnosu na strategiju B. Dakle, pri malim vrednostima odnosa troškova planske i korektivne zamene treba primenjivati strategiju C.

Pri većim vrednostima odnosa troškova planske i korektivne zamene, a to je slučaj kada su rezervni delovi relativno skupi i kada se troškovi planske zamene ne mogu zanemariti u odnosu na troškove korektivne zamene i gubitke usled zastoja u radu, sa sl. 2 vidi se da se vrednosti optimalnih perioda preventivne zamene strategija B i C znatno razlikuju (zamene u slučaju strategije C treba vršiti češće nego u slučaju strategije B), a sa sl. 1 i da strategija C prestaje da bude opravdana. Dakle, pri većim vrednostima odnosa troškova planske i korektivne zamene treba primenjivati strategiju B.

Oblast ($0,3 < \frac{C_r}{C_k} < 0,55$) koja se

nalazi između navedene dve, jeste oblast kompromisa u kojoj se mora proceniti, u svakom konkretnom slučaju, da li su prednosti strategije C koje se odnose na lakše planiranje i sprovođenje preventivnih zamena, dovoljna kompenzacija za češće sprovođenje preventivnih zamena i, zbog, povećanih troškova u odnosu na strategiju B.

Za primer elementa čije vreme do pojave otkaza podleže Vejbulovoj raspodeli sa parametrima oblika $\beta=4$ i razmere $\eta=2\ 000$, i troškovima korektivne zamene $C_k=6500$ i planske $C_p=1100$

novčanih jedinica ($\frac{C_r}{C_k}=0,169$), u ta-

beli 1 su date uporedne vrednosti većeg broja parametara koji karakterišu strategije A, B i C za period eksploata-

cije od 10 godina, pri čemu je uzeto da sistem u proseku radi 10 časova dnevno, tako da je $T_v = 36\,500$ h.

Poređenjem odgovarajućih vrednosti za strategije B i C, iz tabele 1 može se zaključiti da je:

Tabela 1.

Red. broj		Strategija A	Strategija B	Strategija C
1	Srednje vreme između obnavljanja m i optimalni periodi preventivne zamene T_k i T_g [h]	1813	1023	992
2	Trenutna vrednost intenziteta otkaza neposredno pred zamenu elementa $\lambda(m)$, $\lambda(T_k)$ i $\lambda(T_g)$ [1/h]	$1487 \cdot 10^{-6}$	$267 \cdot 10^{-6}$	$244 \cdot 10^{-6}$
3	Srednja vrednost intenziteta otkaza elementa $\lambda = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T \lambda(t) dt = \frac{T^{\beta-1}}{n^{\beta}} \lambda_s, \lambda_{sk} \text{ i } \lambda_{sg} \text{ [1/h]}$	$372 \cdot 10^{-6}$	$67 \cdot 10^{-6}$	$61 \cdot 10^{-6}$
4	Pouzdanost elementa neposredno pred obnavljanje R_m , R_k i R_g	0.5098	0.9339	0.9413
5	Ukupni troškovi zamena po jedinici vremena C_v , C_{zk} i C_{zg} [nov. jedinica/h]	3.5872	1.4439	1.4937
6	Srednji broj obnavljanja usled otkaza u toku eksploatacije trajanja $T_v = 36500$ h N_k , N_{kk} i N_{kg}	20.1435	2.3903	2.1609
7	Srednji broj planskih obnavljanja u toku eksploatacije trajanja $T_v = 36500$ h N_{pk} i N_{pg}	/	33.7841	36.7943
8	Srednji broj ukupnih obnavljanja u toku eksploatacije trajanja $T_v = 36500$ h N , N_k i N_g	20.1435	36.1744	38.9552
9	Srednje vreme između obnavljanja (korektivnih i planskih) m , m_k i m_g [h]	1812	1009	937
10	Srednje vreme između otkaza m , m_{ok} i m_{og} [h]	1812	15270	16891
11	Ekvivalentna vrednost intenziteta otkaza $\lambda_e = \frac{1}{m}, \lambda_e = \frac{1}{m} \text{ i } \lambda_e = \frac{1}{m} \text{ [1/h]}$	$552 \cdot 10^{-6}$	$65 \cdot 10^{-6}$	$59 \cdot 10^{-6}$
12	Troškovi korektivnih zamena u toku eksploatacije trajanja $T_v = 36500$ h C_k , C_{kk} i C_{kg} [nov. jedinica]	130933	15540	14046
13	Troškovi planskih zamena u toku eksploatacije trajanja $T_v = 36500$ h C_{pk} i C_{pg} [nov. jedinica]	/	37162	40474
14	Ukupni troškovi zamena u toku eksploatacije trajanja $T_v = 36500$ h C_v , C_{vk} i C_{vg} [nov. jedinica]		52702	54520

— broj ukupnih obnavljanja (usled otkaza i preventivnih) elementa veći u slučaju strategije C nego u slučaju strategije B ($N_g > N_k$);

— srednje vreme između obnavljanja manje je pri strategiji C nego pri strategiji B ($T_g < T_k$);

— broj otkaza u određenom intervalu manji je pri strategiji C nego pri strategiji B ($N_{kg} < N_{kk}$);

— intenzitet otkaza (srednji i ekvivalentni) manji je pri strategiji C nego pri strategiji B ($\lambda_{rg} < \lambda_{rk}; \lambda_{og} < \lambda_{ok}$);

— pouzdanost elementa, pa i sistema u celini, veća je pri strategiji C nego pri strategiji B ($R_g > R_k$);

— srednje vreme između otkaza veće je pri strategiji C nego pri strategiji B ($m_{og} > m_{ok}$);

— ukupni troškovi po jedinici vremena kao i ukupni troškovi zamena u toku perioda eksploatacije veći su za strategiju C nego za strategiju B ($C_{zg} > C_{zk}; C_{vg} > C_{kv}$).

Trenutne vrednosti intenziteta otkaza i pouzdanosti elementa za dati primer prikazane su na sl. 4 sa koje se, što se tiče te dve veličine, mogu izvesti isti zaključci kao i na osnovu tabele 1.

Pored konstatacija u vezi karakteristika strategija B i C, na osnovu podataka iz tabele i dijagrama na sl. 4, mogu se izvesti zaključci o efektima sprovođenja zamene u odnosu na slučaj kada se preventivna zamena ne vrši, već se element zamenjuje samo korektivno, odnosno strategije A:

— trenutne vrednosti intenziteta otkaza pri strategiji A dostižu znatno veće vrednosti u odnosu na vrednosti koje se javljaju pri korišćenju strategija B i C;

— pouzdanost elementa je znatno manja pri strategiji A nego u slučaju strategija B i C;

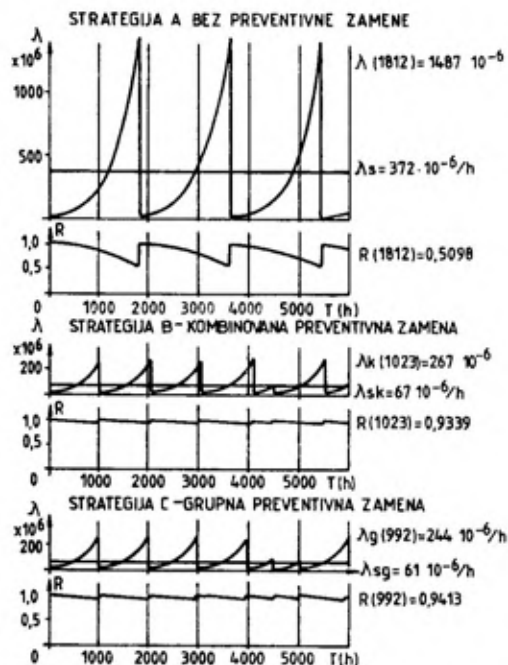
— broj otkaza u toku perioda eksploatacije u trajanju $T_v = 36\,500$ h skoro je deset puta veći u slučaju strategije A nego u ostala dva slučaja;

— ukupni broj zamena pri strategijama B i C je skoro dva puta veći u odnosu na broj zamena pri strategiji A, ali daleko najveći broj zamena obavlja se u planiranom trenutku, kada se ne zahteva da sistem radi;

— srednje vreme između otkaza je skoro deset puta duže u slučaju strategija B i C u odnosu na strategiju A;

— ukupni troškovi zamena su oko 2—5 puta manji pri korišćenju strategija B i C u odnosu na strategiju A.

Svi prethodni zaključci izvedeni su na osnovu brojčanih vrednosti za samo jedan konkretan primer, te se može postaviti pitanje opravdanosti uopštavanja dobijenih rezultata. Tačno je da sve vrednosti iz tabele važe samo za polazne podatke iz primera. Dovoljno je zameniti samo jedan od ulaznih podataka (npr. ako se usvoji da je $\beta = 2$ umesto $\beta = 4$), pa da se sve numeričke vrednosti u tabeli 1 izmene, ali to ne znači da se menja i suština izvedenih zaključaka. Za $\beta = 2$, kao što se vidi sa sl. 1, sma-



Sl. 4 — Vrednosti intenziteta otkaza i pouzdanosti elementa za dati brojčani primer u slučaju primene strategija A, B ili C

njuje se oblast opravdanosti vršenja preventivnih zamena i pri daljem smanjenju vrednosti parametra β krive bi se spuštale sve niže dok se ne bi, pri $\beta=1$, poklopile sa apscisnom osom.

Karakter krivih sa sl. 2 (monotoni porast razlike optimalnog perioda zamena pri strategiji B i strategiji C) takođe ukazuje na to da zaključci izvedeni za konkretni primer imaju opštu važnost.

U slučaju sistema koji sadrži dva ili više elemenata sa rastućim intenzitetom otkaza, određivanje optimalnih perioda preventivnih zamena i minimalnih ukupnih troškova je složenije, posebno u slučaju kada svaki element ima svoj posebni intenzitet otkaza. U slučaju dve komponente određuju se starosni limiti T_1 i T_2 posle kojih se komponente zamenjuju bez obzira na to da li su otkazale ili ne. Pri zameni jedne od komponenata zbog toga što je dostigla svoj starosni limit ili zbog otkaza, zamenjuje se istovremeno i druga komponenta ako se približila svom starosnom limitu na vrednost ΔT_1 , odnosno ΔT_2 , tj. ako je vreme njenog rada od poslednje zamene $T \geq T_i - \Delta T_i$. Vrednosti T_1 , T_2 , ΔT_1 i ΔT_2 određuju se iz uslova da ukupni troškovi svih zamena budu minimalni. Ukoliko se starosni limiti elemenata međusobno znatno razlikuju, može se kombinovati sa periodima zamena koji predstavljaju umnožak optimalnog perioda zamene (starosnog limita) elementa koji se najčešće zamenjuje, tako da se elementi sa dužim optimalnim periodom zamene zamenjuju pri svakoj drugoj, trećoj »n«-toj zameni tog elementa. I onda kada se odabere ovaj vid izbora optimalnih perioda preventivne zamene, potrebno je za konkretni primer proračunati troškove koji nastaju primenom odabrane strategije, jer se može dogoditi da se manji troškovi postižu ako se izvrše neke korekcije i u periodu zamene prvog elementa, a zatim se postupi na opisan način za ostale elemente. Tako se može dogoditi da se, zapravo, nijedan od elemenata ne zamenjuje nakon (za

njega) optimalnog perioda preventivne zamene, već je svaki od njih korigovan, ali tako da ukupni troškovi zamena imaju minimalnu vrednost.

Na kraju, rezultati dati u tabeli i dijagramu sa sl. 4 potvrđuju da se tehnički sistemi sa preventivnom zamenom elemenata, iako sadrže elemente čija verovatnoća pojave otkaza ne podleže eksponencijalnoj raspodeli, mogu sa velikom tačnošću smatrati sistemima za koje važi eksponencijalna rasodela vremena do otkaza ($\lambda = \text{const} = \lambda_{st}$). Naime, kod sistema sa preventivnom zamenom elemenata u procesu dugotrajne eksploatacije, uspostavlja se jedno stacionarno stanje, tako da prethodni rad sistema ne utiče na karakteristike otkaza u daljem korišćenju. Planskim obnavljanjem sistema postiže se to svojstvo invarijantnosti, koje karakteriše upravo eksponencijalnu raspodelu.

Zaključak

Analiza strategija B i C i uspostavljanje veza između karakteristika pouzdanosti elemenata sa rastućim intenzitetom otkaza i troškova zamena, sa jedne strane, i korišćenje korisničkog programskog paketa MathCAD, sa druge strane, omogućili su brzo dobijanje optimalnih rešenja i određivanje krivih datih na sl. 1 i sl. 2, za koje je relativno veliki broj tačaka određen u interaktivnom radu sa računarom. Pri određivanju geometrijskih mesta optimalnih rešenja, vremena izračunavanja su znatno smanjena korišćenjem aproksimativnih modela, čime je program MathCAD već u startu postavljan u blizinu optimalnog rešenja. Na isti način kao što je to učinjeno za Vejbulovu raspodelu vremena do otkaza, odgovarajući dijagrami mogu se uraditi i za bilo koju drugu raspodelu, u slučaju potrebe, i sa daleko većim brojem krivih. Svaki proces preventivnih zamena elemenata, bilo realni ili proračunati, predstavlja na tim dijagramima određenu tačku na osnovu čijeg se položaja

ja odmah vidi da li se nalazi u oblasti opravdanosti sprovođenja date strategije preventivne zamene, koliko je daleko od optimalnog rešenja i koliko i u kom smeru treba izmeniti vrednost perioda preventivne zamene da bi ukupni troškovi zamena bili minimalni.

Kako su krive opravdanosti sprovođenja preventivnih zamena i optimalnih perioda zamena u zavisnosti od odnosa troškova planskih i korektivnih zamena, date za obe osnovne strategije B i C, odmah se može, u svakom konkretnom slučaju, odabrati povoljnija od njih, kao i strategija A ukoliko je optimalno rešenje da se ne vrši planska zamena elemenata, već da se sa zamenom čeka sve dok element ne otkaze.

U slučaju kada su troškovi zamena zanemarljivi u odnosu na zahteve za raspoloživost, svi dobijeni izrazi na osnovu kojih se određuju optimalna rešenja važe, s tim što odnos troškova planske i korektivne zamene treba zameniti odnosom vremena potrebnog za obavljanje planske i vremena potrebnog za obavljanje korektivne zamene. To, drugim rečima, znači da se u izrazima (4) i (6), na osnovu kojih je na-

crtana sl. 1 i izrazima (8) i (9), na osnovu kojih je nacrtana sl. 2, menjaju samo leve strane izraza i to tako da se umesto odnosa troškova na njima nalazi odnos vremena potrebnih za planske i korektivne zamene. Ovi izrazi dobijaju se iz uslova da relativne raspoloživosti treba da budu veće od jedinice da bi preventivne zamene imale opravdanja, odnosno da je optimalan onaj period preventivnih zamena koji obezbeđuje maksimalnu raspoloživost. Slike 1 i 2 važe i u ovom slučaju, samo što na ordinatnoj osi treba da se nalaze odnosi vremena potrebnih za planske i korektivne zamene umesto odnosa troškova.

Određivanje optimalnih perioda preventivnih zamena i minimalnih ukupnih troškova u slučaju tehničkih sistema, koji sadrže više elemenata sa rastućim intenzitetom otkaza znatno je složenije zbog potrebe analiziranja većeg broja mogućih strategija radi izbora najpovoljnije, ali te analize ne mogu se obaviti bez poznavanja strategija B [2] i C [3] i nemaju opšti značaj kao ove dve osnovne strategije, već su više vezane za specifičnosti konkretnog sistema.

Literatura:

[1] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, Jugoslovensko udruženje za motore i vozila, Beograd, 1983.

[2] Peković, T.: Određivanje optimalnog perioda kombinovane preventivne zamene, Vojnotehnički glasnik, 1/1994.

[3] Peković, T.: Određivanje optimalnog perioda grupne preventivne zamene, Vojnotehnički glasnik, 3,4/1994.

UTICAJ FAKTORA TEHNOLOGIJE ODRŽAVANJA NA ORGANIZACIONU STRUKTURU OPERATIVNOG NIVOA SISTEMA ODRŽAVANJA

Uvodna razmatranja

Na osnovu podataka prikupljenih iz jedne jedinice za održavanje analiziran je uticaj tehnologije održavanja na organizacionu strukturu operativnog nivoa sistema održavanja [1]. Uticaj tehnologije sagledan je preko uticaja određenih faktora tehnologije. Cilj ovakvog pristupa bio je da se u okviru celine sagleda uloga svakog dela, kako bi mu se odredilo pravo mesto i uloga.

Tehnologija održavanja određena je sledećim faktorima:

- sadržaj vrste radova;
- periodičnost ili cikličnost vrste radova;
- trajanje vrste radova i ukupan utrošak radnog vremena;
- potrebna oprema za rad;
- potreban radni prostor.

Tehnologija se opisuje tehnološkom dokumentacijom. Dokumentacija je posrednik između definisanih potreba za poslovima koji se obavljaju u sklopu izrade proizvoda ili pružanja usluge (npr. održavanje), s jedne strane, i izvršilaca poslova, sa druge strane. Njen sadržaj mora odgovarati proizvodu ili usluzi, a forma njenom korisniku.

Sadržaj vrste radova može se definisati kao skup postupaka i aktivnosti za dobijanje proizvoda ili usluge zahtevanih karakteristika.

Važno je istaći da se grupisanje postupaka i aktivnosti u grupe (vrste — skupove) radova mora prilagoditi specifičnim karakteristikama tog proizvoda ili usluge. Svaka od aktivnosti ili postupak opisuje se operacionom listom. Samo za grupe radova koje imaju jasno određene karakteristike mogu se uspešno odrediti: potreban režim rada i fond vremena rada opreme i radnika, specificirati potrebe za radnom snagom, utrošci materijala i upravljanje zalihama, utrošci energije, proračun potrebe za alatom, mašinama i opremom, potrebne tehnološke i pomoćne površine, dijagram toka procesa, glavni tokovi materijala, izrada karte tehnološkog postupka i način snabdevanja radnih mesta, što zajedno čini sadržaj jednog tehnološkog projekta i omogućava njegovo optimiziranje.

U konkretnom slučaju, pod vrstom radova podrazumevali su se mali radovi (laki remont) u koje su svrstani i tehnički pregledi i srednji radovi (srednji remont).

Suština faktora *periodičnost ili cikličnost vrste radova* jeste da on određuje periodičnost ili učestanost pojedinog sadržaja vrste radova.

Različite vrste radova za različita tehnička sredstva, imaju različito vremensko trajanje. *Trajanje vrste radova* zavisi samo od njenog sadržaja, odnosno od karakteristika tehničkog sre-

dstva i vrste radova na održavanju, ako se pretpostavi da su uslovi rada, obezbeđenost potrebnim alatom, rezervnim delovima i opremom, obučenost, veština i iskustvo radne snage na nivou koji neće prouzrokovati nikakve zastoje. *Ukupan utrošak radnog vremena* za pojedinu vrstu radova zavisi od njenog vremenskog trajanja, periodičnosti njenog izvođenja i broja radova koje treba izvršiti. Vremensko trajanje svake vrste radova potrebno je razdeliti po specijalnostima izvršilaca, čime se omogućava proračun potreba za radnom snagom. Ukupna količina rada izvršilaca različitih specijalnosti ne zavisi od mogućnosti organizacije toka redosleda operacija već od sadržaja radova koje moraju izvršiti.

Oprema za rad predstavlja skup postojećih ili za posmatrana tehnička sredstva i vrste radova namenski proizvedenih mašina, uređaja, alata, pribora ili mernih sredstava neophodnih za obavljanje radova, kao i za manipulaciju i skladištenje. Potrebe jedne organizacije za opremom zavise od: vrste radova koji će se izvoditi, zahteva u pogledu kvaliteta, broja tehničkih sredstava koja se moraju održavati, mogućnosti korišćenja u poljskim i stacionarnim uslovima i smanjenja troškova rada.

Zbog principa, čija je suština stvaranje mogućnosti za uštede, po kojem se pojedinim specijalnostima ili grupama srodnih specijalnosti izvršilaca dodeljuje ista ili slična oprema, jasno je da oprema utiče na raspored radnih mesta, a time i na grupisanje izvršilaca u organizacione celine.

Radni prostor ima svoju kvalifikativnu i kvantitativnu dimenziju. Kvantitativna dimenzija određuje se preko veličine potrebnih radnih i pomoćnih površina. Kvalitativna dimenzija potrebnog prostora ogleda se u ostvarenju pogodnih uslova za rad. Pogodni uslovi za rad moraju se ostvariti izvršiocima zbog zahteva kvalitetnog obavljanja posla, a posebna kvalitativna osobina prostora za rad su higijenski, od-

nosno ekološki uslovi i mogućnost zaštite od povreda i profesionalnih oboljenja. Pogodnost uslova za rad obično se ostvaruje fizičkim odvajanjem radnih prostora za različite specijalnosti radne snage.

Organizacija toka redosleda operacija i prostorni raspored radnih mesta predstavljaju logičan okvir za grupisanje izvršilaca u organizacione celine.

Pokazalo se da se samo uticaj faktora trajanja vrste radova na održavanje, ukupnog utroška radnog vremena i veličine potrebnog prostora može kvantifikovati i prevesti u veličine organizacione strukture, tj. broj radnih mesta i broj zaposlenih, dok se uticaj ostalih faktora mora, ipak, određivati deskriptivno.

Pristup određivanju uticaja faktora tehnologije održavanja na organizacionu strukturu operativnog nivoa sistema održavanja

Organizacija održavanja predstavlja dinamičnu celinu — sistem čiji su delovi u interakciji. Na organizaciju održavanja utiče i okolina preko raznovrsnih i brojnih zahteva za održavanjem, konceptijskih rešenja, kriterijuma i ograničenja. Uticaj okoline okvirno određuje ciljeve svake organizacije održavanja koji se sastoje u tome da se zadovolje sve iskazane potrebe za održavanjem u što kraćem vremenskom periodu i uz što manje troškove. Organizaciona struktura operativnog nivoa sistema održavanja osigurava formalizaciju odnosa između tehničkog i psihosocijalnog podsistema i posrednik je između cilja organizacije održavanja i njegove realizacije. Izbor odgovarajuće organizacione strukture umnogome može stvoriti preduslove uspešnog funkcionisanja organizacije održavanja u celini i operativnog nivoa kao njenog dela. Odgovarajuća organizaciona struktura predstavlja institucionalno otelotvorenje svrhe svake uspešne organizacije.

Modeliranje operativnog nivoa sistema za održavanje izvršeno je sa namerom da se istraživanje izvrši, ne na samom objektu koji je predmet interesa, već na njegovom modelu, za koji se pretpostavlja da se ponaša na isti način kao i realni sistem održavanja iz kojeg su prikupljeni podaci za istraživanje. Realni sistem održavanja, odnosno konkretna jedinica za održavanje, bio je pod dejstvom skupa spoljnih faktora koji su imali stohastički karakter delovanja i čiji uticaj nije moguće

utvrditi. Dominantni spoljni faktori, čiji uticaj nije bilo moguće utvrditi, su: neadekvatni zahtevi za održavanjem po vrsti radova ili po tehničkim sredstvima koja je trebalo održavati i neminovnost rada u terenskim uslovima. Zbog toga se pristupilo stvaranju modela operativnog nivoa sistema održavanja da bi se realna složenost odnosa razložila i uprostila, ali da se pri tom ne izgube osnovne karakteristike uticaja tehnologije održavanja na organizacionu strukturu operativnog nivoa si-

koeficijenti eksploatacije
za posmatrana teh. sredstva

broj tehničkih sredstava
koja se održavaju po
vrstama

trenutci otkaza delova i
tehn. sredstva za posmatrana
tehnička sredstva

teoretski oblici raspodela
funkcije stanja u otkazu za
tehn. sred. i njihove delove

potrebna vremena za
izvodjenje pojedinih vrsta
radova na delovima
posmatranih tehn. sredstava

teoretski oblici raspodela
potrebnih vremena za izvodje-
nje pojedinih vrsta radova
na delovima tehn. sredstava
vremena između dva dolaska
tehničkih sredstava na
održavanje po vrstama radova
delovima i tehničkim sredstv.

teoretski oblik raspodele
vremena dolaska na razne
vrste održ. za posmatrana
tehnička sredstva

frekvencije pojedinih vrsta
radova preventivnog održav.
na tehničkim sredstvima i
njihovim delovima

karakteristike složenosti
posmatranih tehn. sredstava

osobine opreme potrebne
za održavanje

osobine prostora potrebnog
za održavanje

kriterijumi i ograničenja

OPERATIVNI
NIVO SISTEMA
ODRŽAVANJA

broj radnih mesta za
svaku od potrebnih
specijalnosti rad. snage

koeficijent zauzetosti
kanala opsluživanja

kvalifikaciona struktura
i broj potrebnih
izvršilaca radne snage

broj organizacionih
jedinica

veličina i karakteristike
potrebnog prostora
za održavanje

veličina operativne
gotovosti

osobine informacionog
i kontrolnog podsistema

veličina troškova

Sl. 1.

stema održavanja i ostavi mogućnost predviđanja ponašanja sistema u različitim situacijama. Razvijeni model operativnog nivoa sistema održavanja prikazan je na slici 1.

Proces razvoja modela zasniva se na osnovama sagledane teorije. Sa slike se jasno mogu razaznati ulazne i izlazne veličine iz modela. Kvantifikaciji varijabli, kod kojih je kvantifikacija moguća i koje se javljaju u razvijenom modelu, pristupilo se preko teorije pouzdanosti, teorije masovnog opsluživanja i statističke analize, dok je uticaj ostalih faktora tehnologije deskriptivno određen [1].

Osnova za uspostavljanje kriterijuma uspešnosti operativnog nivoa sistema održavanja jeste u nameni tehničkih sredstava koja se održavaju. Osnovni kriterijum, određen namenom tehničkih sredstava, jeste gotovost. Mora se, dakle, obezbediti maksimalna gotovost, uz što je moguće manje troškove.

Maksimalna gotovost može se postići što kraćim zadržavanjem tehničkih sredstava na održavanju. Kriterijum ekonomičnosti najbolje se postiže visokim iskorišćenjem kapaciteta i upravljanjem zalihama rezervnih delova na način koji obezbeđuje najmanje moguće troškove i čekanje na rezervne delove.

Kao kriterijum za formiranje organizacione strukture operativnog nivoa sistema održavanja uzeti su i rezultati istraživanja J. Woodward, vezani za raspon rukovođenja i karakteristike pojedinačnog tipa proizvodnje [2], jer se njihovom primenom stvara pogodna organizaciona struktura koja je preduslov uspešnosti organizacije kao celine.

Ograničenja formulisana s tim u vezi u ovom radu, s namerom da se istakne karakteristični uticaj tehnologije održavanja na organizacionu strukturu operativnog nivoa sistema održavanja preko modela su sledeća:

— verovatnoća opsuživanja treba da teži 100%,

— iskorišćenje kapaciteta treba da teži 100%. Ukoliko se to kod nekih radnih mesta ne može ostvariti, onda se jedan izvršilac obučava da radi na dva radna mesta.

Zahtevi koji proističu iz navedenih ograničenja su sledeći:

— organizacija održavanja mora da bude potpuno obezbeđena kadrom koji može da odgovori na prvo i drugo ograničenje,

— organizacija održavanja mora da bude potpuno obezbeđena potrebnom opremom, prostorom, dokumentacijom, energijom i finansijskim sredstvima da odgovori na prvo i drugo ograničenje.

Na ovaj način, određena ograničenja i zahtevi su svesno idealizovani, jer tako u potpunosti odgovaraju kriterijumima koje je J. Woodward postavila za ocenu uspešnosti preduzeća i njegove organizacione strukture, a njihovim zadovoljavanjem postižu se, prema tome, preduslovi za uspešno delovanje bilo koje organizacije održavanja i otklanjaju se mogućnosti nepotpunog sagledavanja uticaja faktora tehnologije na organizacionu strukturu.

Prikupljanje podataka koji su poslužili za određivanje veličina promenljivih koje su potrebne za modeliranje, izvršeno je metodom »field studies«. Osnovni izvor podataka bila je dokumentacija jedinice za održavanje, koja je sadržajno potpuno odgovarala potrebama ovog istraživanja.

U posmatranoj jedinici za održavanje, održava se veliki broj tehničkih sredstava. Sa stanovišta angažovanosti svih vrsta kapaciteta za održavanje mogu se izdvojiti dva tehnička sredstva (ABC metod). Na njihovom održavanju angažovalo se više od 80% svih raspoloživih kapaciteta. U ovom radu ta sredstva nazvana su tehničko sredstvo br. 1 i br. 2. Sredstva su veoma složene konstrukcije i sastoje se od više

podсистema, pa je za njihovo održavanje potrebno angažovati radnu snagu velikog broja specijalnosti, i to različitog stručnog nivoa, u zavisnosti od vrste radova koji će se izvoditi i složenosti opreme koju koriste.

Uzroci neispravnosti nastalih na posmatranim tehničkim sredstvima mogu se svrstati u dve grupe: a) na one koje su nastale u »normalnim uslovima eksploatacije« i b) one koje su nastale kao posledica »spoljne sile« — borbenih dejstava.

Formiranje mikrostrukture operativnog nivoa sistema održavanja

Mikrostrukturu svake organizacije čine raspored i odnos radnih mesta.

Kriterijumi za formiranje radnog mesta mogu biti raznovrsni i, u osnovi, sadrže kvantitativni i kvalitativni aspekt. Kvantitativni aspekt sastoji se u potrebnoj količini rada koji se na tom mestu mora obaviti i potrebi za sredstvima za rad, a kvalitativni u potrebi za stručnim znanjima izvršilaca na tom radnom mestu i mogućnosti da se obezbede izvršioci koji poseduju potrebno stručno znanje.

U ovom radu, kao kriterijum kvantiteta određen je stepen iskorišćenja ukupnog fonda radnog vremena koji se može ostvariti na pojedinom radnom mestu. Ukoliko je iskorišćenje veće od 51%, formira se radno mesto. Neiskorišćeni fond radnog vremena može se popuniti tako što će se izvršioci doobčiti za obavljanje poslova na drugom radnom mestu gde, takođe, nije u potpunosti iskorišćen ukupni mogući fond radnog vremena. Ako dva radna mesta za istu specijalnost izvršilaca postoje u dva različita organizaciona kompleksa, mogućnost da izvršioci koji rade na jednom radnom mestu obavljaju poslove i na drugom je očita u slučaju kada nema potpunog iskorišćenja fonda radnog vremena na tim radnim me-

stima. Kriterijum kvaliteta određen je preko potrebnog stepena stručnosti izvršilaca pojedinih vrsta radova na održavanju. Srednje radove izvršavaju VKV izvršioci, a male KV izvršioci potrebnih specijalnosti. Ukoliko na jednom radnom mestu radi više od jednog izvršioca, odnosno rade u grupi, onda samo vođa grupe mora imati potreban stepen stručnosti, dok ostali mogu biti nižeg stepena stručnosti ili, u nekim slučajevima, i korisnici (posade).

Osobine tehničkih sredstava koja se održavaju delimično određuju potrebu za količinom radova na održavanju koje treba izvršiti u nekom vremenskom periodu i brojem različitih specijalnosti radne snage koja učestvuje u procesu održavanja, a drugi deo određuje opredeljenje za korektivnu, preventivnu ili kombinovanu politiku održavanja. Kada se uticaju osobina tehničkih sredstava pridruži uticaj tehnologije održavanja na konkretnu organizacionu strukturu slika se menja.

Sadržaj vrste radova na održavanju utiče na sve ostale faktore tehnologije održavanja i preko njih na organizacionu strukturu operativnog nivoa sistema održavanja.

Broj radnih mesta za obavljanje malih radova je oko 16 puta manji od broja radnih mesta potrebnih za izvođenje srednjih radova. To je od izuzetnog značaja kada se ima na umu da je broj malih i srednjih radova za tehničko sredstvo br. 2 bio gotovo isti, a za tehničko sredstvo br. 2 razlika je iznosila oko 50%. Broj izvršilaca na radnim mestima koja se mogu oformiti za izvođenje malih radova je oko 25 puta manji od broja izvršilaca za izvođenje srednjih radova. U ovom slučaju, izvršioci srednjih radova mogu uspešno obavljati male radove iz svog delokruga, jer za izvršenje malih radova svaka od specijalnosti troši mali deo radnog vremena. Ukoliko bi se posebno izdvajala organizaciona jedinica izvršilaca malih radova, nametnula bi se potreba doobuke izvršilaca malih radova koji bi,

pored svoje osnovne delatnosti, morali da obavljaju i niz drugih, ponekad ne baš sličnih poslova, pa se postavlja pitanje da li u ovom slučaju uopšte вреди odvajati izvršioca malih od srednjih radova.

Veća složenost rada očito zahteva veću količinu znanja izvršilaca, što direktno utiče na povećanje nivoa specijalizacije kroz povećanje potreba za različitim radnim mestima i različitom stručnošću izvršilaca koji rade na njima. Međutim, pitanje je koliko složenost vrste radova utiče na broj izvršilaca, jer ako bi se deo radova preneo na korisnike [3], što je u slučaju organizacije održavanja moguće, broj ukupno angažovanih izvršilaca mogao bi se smanjiti za trećinu.

Periodičnost vrste radova na održavanju, izražena preko intenziteta otoka pojedinih delova tehničkih sredstava, ima očigledan uticaj na ukupan utrošak radnog vremena, što je pokazalo određivanje potrebnog broja radnih mesta preko relacija iz teorije pouzdanosti. Ukupan utrošak radnog vremena na preventivno održavanje u posmatranom slučaju bio je zanemarljiv u odnosu na utrošak radnog vremena na korektivno održavanje, ali to ne bi trebalo da bude pravilo.

Trajanje vrste radova na održavanju i ukupan utrošak radnog vremena u potpunosti, kao faktor tehnologije, određuju potreban broj radnih mesta kod svih specijalnosti izvršilaca. Veličina uticaja ovog faktora tehnologije najbolje se može videti kada se pojava neispravnosti, koje su posledica delovanja spoljne sile, shvati kao povećanje obima radnog zadatka u odnosu na normalne uslove.

Oprema za održavanje utiče, donekle, na grupisanje radnih mesta ukoliko su izvršioci na pojedinim radnim mestima vezani za ista sredstva za rad. Prostor potreban za izvođenje radova na održavanju ne utiče na broj radnih mesta, ali utiče na njihov prostorni raspored. Pod uticajem ovog faktora teh-

nologije neka radna mesta mogu se grupisati. Obično se uspešno mogu grupisati radna mesta sličnih specijalnosti, jer zahtevaju iste ili slične uslove rada, ali to ne mora biti pravilo.

Raspored radnih mesta prvenstveno je posledica uticaja faktora tehnologije i to sadržaja vrste radova, potrebne opreme i prostora potrebnog za izvođenje radova na održavanju. Uticaj na raspored radnih mesta ima i »veličina« tehničkog sredstva koje se održava, jer se »velika« tehnička sredstva teško premeštaju u toku izvođenja radova sa jednog radnog mesta na drugo, već izvršioci moraju doći do sredstva da bi izvršili potrebne radove. Radna mesta među sobom moraju biti prostorno tako raspoređena da je moguće uspešno izvršenje svih aktivnosti održavanja uz najmanje vremenske gubitke zbog unutrašnjeg transporta i drugih neophodnih zastoja. Ovo podrazumeva da raspored radnih mesta mora zavisiti od redosleda izvršavanja aktivnosti i mogućnosti organizovanja toka redosleda operacija u okviru vrste radova na održavanju. Raspored radnih mesta mora omogućavati da do punog izražaja dođu odnosi kooperativnosti, kompenzacije i kontinualnosti između radnih mesta, jer se na taj način omogućava uspešnije odvijanje tehnološkog procesa.

Grupisanje u organizacione jedinice i formiranje strukture operativnog nivoa sistema održavanja

Formirana potrebna struktura radnih mesta je polazna osnova za stvaranje organizacionih jedinica. Pristup stvaranju organizacionih jedinica poklapa se sa tendencijama u podeli rada. Na osnovu tendencija u grupisanju aktivnosti pri podeli rada sve aktivnosti koje se obavljaju na radnim mestima možemo grupisati na osnovu objekta i na osnovu prostornog razgraničenja.

Aktivnosti grupisane na osnovu objekta možemo podeliti prema vrsti posla koji se obavlja (specijalizacija) i prema tehničkom sredstvu koje se održava.

Pri grupisanju radnih mesta i izvršilaca u organizacione jedinice mora se voditi računa o uticaju faktora tehnologije. Mogući pristupi grupisanju aktivnosti na održavanju, u konkretnom slučaju, prikazani su shematski na slici 2.

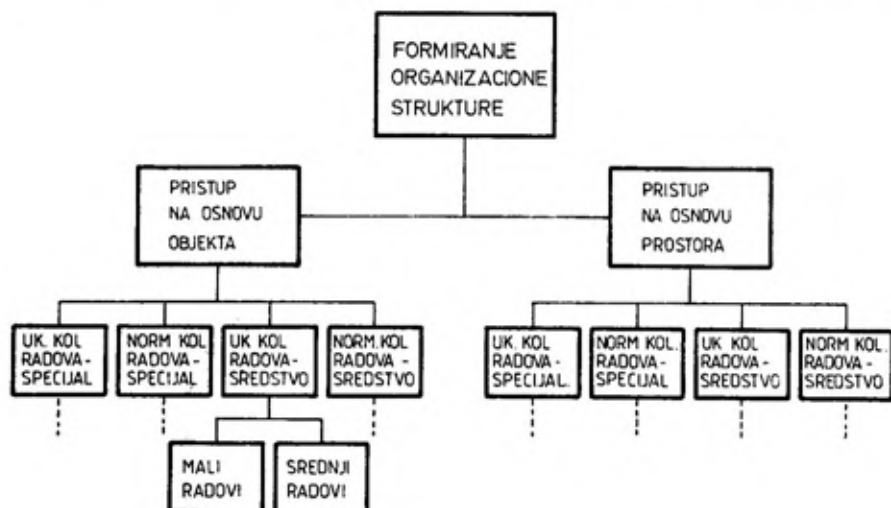
U konkretnom slučaju, proces stvaranja mogućih rešenja organizacione strukture tekao je prema algoritmu datom na slici 3 i stvorena su rešenja koja odgovaraju mogućim pristupima grupisanju aktivnosti na održavanju, već prikazanim na slici 2.

Izvršioci se grupišu u prvom koraku u najnižu organizacionu celinu, grupu. Potrebna oprema za obavljanje radova na održavanju i prostor na kome se obavljaju radovi utiču na to da te grupe čine, po mogućstvu, izvršioci iste specijalnosti. Ne postoji pravilo po kome se određuje broj članova jedne grupe. Zbog toga je za formiranje radne grupe u ovom radu uzet dvojak kriterijum prema kojem se u jednu rad-

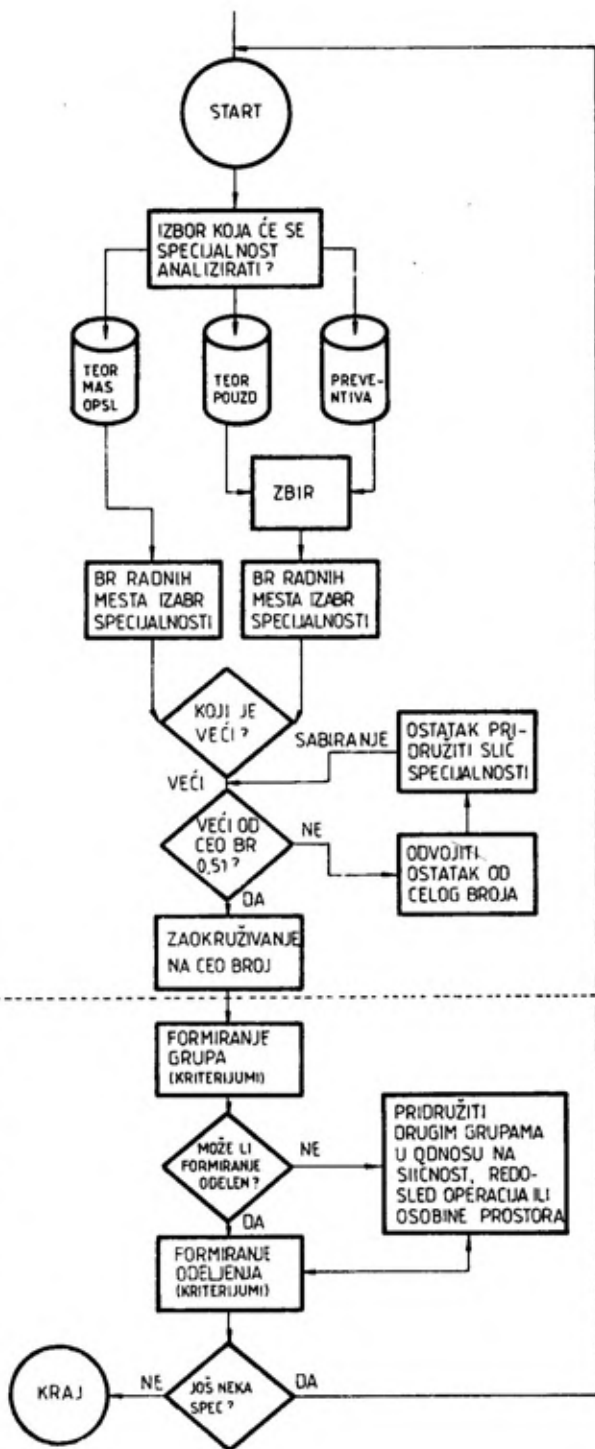
nu grupu svrstavaju svi izvršioci na jednom radnom mestu, ako na tom radnom mestu radi više izvršilaca odjednom (to je slučaj kod mehaničara za vozila guseničare, art. mehaničara i bravara i limara) ili se u jednu radnu grupu svrstavaju svi izvršioci jedne specijalnosti (što je slučaj kod svih ostalih specijalnosti gde jedan izvršilac radi na jednom radnom mestu, tako da se izuzetno može dogoditi da jedan izvršilac čini jednu radnu grupu).

Za formiranje organizacionih jedinica od neospornog je značenja raspon rukovođenja. Prema istraživanjima J. Woodward [2], raspon rukovođenja na nivou poslovođa, odnosno odeljenja kod uspešnih preduzeća sa pojedinačnim tipom proizvodnje ima medijanu 23. To znači da pri grupisanju izvršilaca u jedno odeljenje, u principu, treba težiti da njihov broj bude što bliži 23. Na svim ostalim nivoima treba težiti da raspon rukovođenja bude između 3 i 12, jer su to brojevi koji se u literaturi [4] pominju kao granični. Donju i gornju granicu broja izvršilaca u odeljenju niko još nije precizno utvrdio.

U pojedinačnom tipu proizvodnje, prema tvrđenju J. Woodward, zadatak



Sl. 2.



poslovođa se, pored obezbeđenja izvršenja postavljenih zadataka, sastoji i u planiranju i kontroli. Da bi uspešno obavljao svoju funkciju, poslovođa zato mora imati veoma široko znanje i radno iskustvo. Zbog toga je veoma teško uspešno rukovoditi odeljenjima koja čini veliki broj različitih specijalnosti izvršilaca. Usvojeno je da su, zbog navedenog, poslovođe (rukovodioci odeljenja) najiskusniji VKV majstori. Za rukovodioce pogona je usvojeno da su izvršioci sa VS, a ne sa VSS, jer se po J. Woodward izvršioci sa VSS nalaze gotovo isključivo na štabnim funkcijama u organizaciji.

Ovi rezultati istraživanja utiču na formiranje organizacione strukture operativnog nivoa sistema održavanja kao kriterijumi koje treba zadovoljiti ukoliko se želi stvaranje uspešne organizacije održavanja.

Pri formiranju organizacionih jedinica potrebno je stvoriti preduslove za odnose kompenzacije, kontinualnosti i kooperativnosti. Zbog korišćenja iste vrste opreme i prostora za održavanje odnosi kompenzacije i kooperativnosti mogu se na operativnom nivou stvoriti, ako se slične ili iste specijalnosti grupišu u iste organizacione jedinice. Kontinualnost se može postići grupisanjem izvršilaca raznih specijalnosti u organizacione jedinice u odnosu na redosled aktivnosti u procesu izvršavanja radova na održavanju. U konkretnom slučaju, pošto se većina radova može paralelno izvoditi, to opet znači grupisanje prema sličnosti specijalnosti izvršilaca.

Iz navedenih razloga, za broj grupa koje čine jedno odeljenje, u ovom radu uzet je raspon od 3 do 8, a odeljenja su stvarana po osnovi sličnosti grupa izvršilaca zbog složenosti posla koji se obavlja i zahteva visoku stručnost, što je otežavajuća okolnost s obzirom na to da se mora, u većini slučajeva, rukovoditi različitim specijalnostima izvršilaca. Ova dva kriterijuma, zajedno sa kriterijumom raspona ru-

kovođenja na najnižem nivou rukovođenja, prema J. Woodward, predstavljaju, u stvari, kriterijume veličine za formiranje odeljenja kao organizacione jedinice, koji su usvojeni u ovom radu.

Važno je napomenuti da prostor, u ovom slučaju, može biti istovremeno faktor u pristupu grupisanju aktivnosti održavanja pri podeli rada i faktor tehnologije.

Radna mesta i izvršioci koji rade na njima u slučaju normalne eksploatacije tehničkih sredstava i kada deluju i spoljne sile, prvo su grupisani na osnovu objekta. Promene tako formiranih organizacionih struktura posmatrane su potom pri delovanju uticaja potrebnog prostora za održavanje, čime su prikazani pristup podeli rada na osnovu prostornog razgraničenja i uticaj prostora potrebnog za održavanje kao uticajnog faktora tehnologije. Organizaciona struktura, nastala kada se aktivnosti grupišu prema specijalizaciji, pod uticajem prostora kao uticajnog faktora tehnologije održavanja menja svoj oblik. Isto tako, organizacione strukture nastale kada se aktivnosti grupišu prema tehničkom sredstvu koje se održava kada se podvrgnu uticaju prostora kao uticajnom faktoru tehnologije menjaju svoj oblik.

Sadržaj vrste radova na održavanju, kao što je već donekle rečeno, može uticati na stvaranje organizacione jedinice koja će, kao osnovni zadatak, imati izvođenje malih radova. Uticaj ovog faktora tehnologije, međutim, nije dovoljan da bi se formirala takva organizaciona jedinica, u ovom slučaju, jer nisu zadovoljeni, u prethodnom izlaganju, postavljeni kriterijumi veličine.

Uticaj periodičnosti izvođenja određene vrste radova na održavanju kao faktora tehnologije opisan je u prethodnom delu i ne utiče direktno na organizacionu strukturu već preko ukupnog utroška radnog vremena.

Trajanje vrste radova na održavanju i ukupan utrošak radnog vremena

direktno utiče, preko kriterijuma veličine kojima se određuju uslovi pod kojima se formira odeljenje, na broj potrebnih odeljenja u svim posmatranim slučajevima. Broj formiranih odeljenja je, u zavisnosti od pristupa grupisanju aktivnosti na operativnom nivou sistema održavanja, od 15 do 50% veći kada se utrošku radnog vremena za održavanje u »normalnim uslovima« eksploatacije doda utrošak radnog vremena koji nastaje zbog potrebe za otklanjanjem neispravnosti koje su posledica dejstva »spoljnje sile«. Utrošak radnog vremena utiče na to da postoji velika razlika u potrebnom broju radnih mesta za pojedine specijalnosti. Ova nesrazmera direktno utiče na to da se neka odeljenja mogu formirati kao homogene organizacione jedinice (npr. odeljenje »Mehaničara za vozila guseničare«, odnosno jedinice jedne specijalnosti, dok druga moraju biti nehomogene (npr. »Mašinsko odeljenje br. 1«).

Oprema potrebna za izvođenje radova na održavanju utiče na grupisanje istovrsnih ili sličnih specijalnosti izvršilaca u grupe i odeljenja zbog boljeg iskorišćenja nekih zajedničkih vrsta opreme (npr. »Odeljenje za elektro radove«).

Uticaj prostora potrebnog za izvođenje radova na održavanju prvenstveno se ogleda u potrebi za odvojenim radionicama i prostorom u kojem svoje aktivnosti obavljaju različite specijalnosti izvršilaca. Potreba za fizičkim odvajanjem, odnosno mogućnost neodvajanja radnih mesta pojedinih specijalnosti stvara potrebu za formiranjem određenog broja radionica, u prostornom smislu i postavlja osnove drugačijoj organizacionoj strukturi. Povećanje broja odeljenja zbog uvođenja u razmatranje uticaja ovog faktora tehnologije održavanja izraženo je u dva od četiri slučaja, i to za 10 do 20%. Moguće grupisanje više organizacionih jedinica u jednoj radionici može uticati

na formiranje više organizacione jedinice koja bi obuhvatila sve niže organizacione jedinice grupisane na toj lokaciji. Uticaj ovog faktora ogleda se i u različitoj strukturi specijalnosti koje sačinjavaju odeljenja u odnosu na pristupe gde se ne razmatra uticaj prostornog faktora.

Kada se uticaj faktora prostora za održavanje poveže sa uticajem ukupnog utroška radnog vremena vidi se da se potreban broj radionica menja u posmatranim slučajevima i do 80%.

Osobine tehničkog sredstva i njihov prostorni raspored, sadržaj vrste radova na održavanju, ukupan utrošak radnog vremena, potrebna oprema i prostor za održavanje utiču na mogućnost stvaranja centralizovane ili decentralizovane organizacije održavanja, što je očigledno, u slučaju izdvajanja organizacione jedinice za male radove. Pod centralizovanom organizacijom održavanja podrazumeva se potpuna objedinjenost svih poslova na održavanju u okviru jedne organizacione celine, a pod decentralizovanom takvo rešenje gde se poslovi održavanja obavljaju u međusobno nezavisnim organizacionim jedinicama. Centralizovano rešenje je bolje za manje poslovne celine, a decentralizovano pogodnije kada su delovi poslovnog sistema prostorno potpuno odvojeni, na znatnom su rastojanju jedni od drugih i kada su tehnički potpuno zaokružene i raznorodne celine. Postoji, naravno, i mogućnost kombinovanog rešenja.

Potrebno je, međutim, primetiti da je uticaj pristupa grupisanju aktivnosti operativnog nivoa sistema održavanja takođe izražen. U zavisnosti od pristupa, broj odeljenja se menja od 25 do 50%. Menja se i broj hijerarhijskih nivoa, jer kada se pristupa grupisanju aktivnosti u odnosu na tehničko sredstvo mora se, zbog same suštine pristupa, formirati i jedan viši nivo. Važno je konstatovati da se organizacione strukture formiranih pogona znatno

razlikuju po broju odeljenja, broju radnih mesta i broju izvršilaca. Različiti pristupi, međutim, ne utiču na unutrašnju strukturu odeljenja, jer na nju utiču oprema i prostor za održavanje.

Faktori tehnologije održavanja utiču na izbor tipa održavanja. Na osnovu njih moguće je opredeljenje za stepen autonomije radova na održavanju, odnosno odluka koji će se radovi izvoditi i u kojoj organizacionoj jedinici. Shodno tome, mogu se razlikovati dva rešenja [5]. U svemu tome veoma značajnu ulogu ima mogućnost da se deo radova na održavanju prenese na korisnike.

Zaključak

Svi faktori tehnologije, sem periodičnosti, direktno utiču na formiranje organizacione strukture operativnog nivoa. Na formiranje ove organizacione strukture deluju samostalno i u međusobnim kombinacijama na način opisan u tekstu. Faktori tehnologije jasno su višestruko i uzročno-posledično povezani. Promene bilo kojeg od njih odražavaju se na organizacionu strukturu.

Svoj uticaj na organizacionu strukturu najjasnije ispoljavaju sadržaj vrste radova, trajanje vrste radova i ukupan utrošak radnog vremena.

Tehnologija utiče i na informacioni podsistem preko načina komuniciranja i zahteva, u pogledu sadržaja, nosioca informacija.

Na podsistem kontrole kvaliteta tehnologija vrši uticaj kroz potrebe za izvršiocima kontrolnih radnji i potrebnu kontrolnu opremu, dok kontrola kvaliteta utiče na poboljšanje efikasnosti tehnološkog procesa.

Pri grupisanju ljudi u organizacione jedinice važni su kriterijumi rasporeda rukovođenja na nivou poslovođa i višem nivou, srednje veličine radne grupe i odeljenja i njihovih donjih i

gornjih granica. Važno je znati sa koliko izvršilaca različitih specijalnosti može da rukovodi jedan poslovođa. U ovom radu usvojeni su kriterijumi veličine koji su do sada određeni raznovrsnim istraživanjima i zaključeno je da jedan poslovođa može uspešno rukovoditi samo istim i sličnim specijalnostima izvršilaca, što ne znači da su usvojeni kriterijumi i stavovi u potpunosti odgovarajući i u svakoj sličnoj prilici primenljivi, odnosno da osiguravaju najbolji način struktuiranja operativnog nivoa.

Sve rečeno i istraživanja J. Woodward navode na zaključak da je za operativni nivo najpogodniji linijski tip organizacione strukture i da postoje velike mogućnosti za primenu matrične organizacije.

Iz dosadašnjeg izlaganja može se zaključiti da tehnologija svoj uticaj na organizacionu strukturu operativnog nivoa ostvaruje preko: kvantitativnog ulaza radne snage, sadržajnog oblikovanja rada pojedinaca i grupa, prostorne diferencijacije radnih mesta i organizacionih jedinica i karaktera veza između njih, potrebnog broja organizacionih jedinica, načina komuniciranja i sadržaja nosioca informacija.

Može se reći i da je uticaj tehnologije kvantitativnog i kvalitativnog karaktera. Kvantitativan uticaj tehnologija održavanja ostvaruje preko: potrebnog broja radnih mesta, potrebnog broja izvršilaca, prostornog rasporeda radnih mesta i organizacionih jedinica. Kvalitativan uticaj tehnologija održavanja ostvaruje uticajem na: podelu rada, specijalizaciju, karakteristike informacionog podsistema, stepen centralizacije, karakteristike podsistema kontrole kvaliteta i uticajem na tip hijerarhijske strukture.

Može se zaključiti da se organizaciona struktura operativnog nivoa sistema održavanja može projektovati na

osnovu određenog uticaja faktora tehnologije održavanja, uz korišćenje i drugih kvantifikovanih uticaja tehnologije i teoretski utvrđenih odnosa. Konkretno

na rešenja organizacione strukture zavise, međutim, od realnih uslova u kojima deluje svaka organizacija održavanja.

Literatura:

- [1] Petar Stanojević: Uticaj tehnologije održavanja na projektovanje organizacione strukture operativnog nivoa sistema održavanja, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [2] Woodward Joan: Industrial organisation — theory and practice, Oxford University Press, Amen House, London E. C. 4, 1965.
- [3] Gavriel Salvendy: Handbook of Industrial engineering, A Wiley — interscience Publication, 1982.
- [4] Bulat Vuksan: Teorija organizacije, Informator, Zagreb, 1977.
- [5] Bulat Vuksan: Organizacija proizvodnje, Mašinski fakultet, Beograd, 1990.

Mr Zoran Branković,
major, dipl. inž.

Sc. Marko Andrejić,
kapetan I klase, dipl. inž.

PRIKAZ MODELA ZA AUTOMATIZOVANU IZRADU PLANA ODRŽAVANJA TEHNIČKIH MATERIJALNIH SREDSTAVA U BORBENIM DEJSTVIMA

Uvod

Planiranje održavanja tehničkih materijalnih sredstava (TMS) u borbenim dejstvima (b/d) — bez obzira na to da li se zasniva na proceni gubitaka i iskorišćenju raspoloživih resursa ili na stvarnom stanju — vrlo je značajna aktivnost organa tehničke službe (TSl) na svim nivoima rukovođenja i komandovanja, budući da se njegovim efikasnim sprovođenjem obezbeđuje optimalno korišćenje raspoloživih resursa za održavanje i obezbeđuje maksimalna raspoloživost TMS u toku izvršenja borbenog zadatka.

Na efikasnost planiranja, a time i organizaciju održavanja TMS u b/d nepovoljno utiče pre svega povećano psihofizičko opterećenje ljudstva i veliki broj podataka koje u ograničenom vremenu treba obraditi da bi se napravio plan održavanja.

U savremenim borbenim uslovima raspoloživo vreme za planiranje i organizaciju održavanja TMS, za predstojeći borbeni zadatak, postaje sve kraće i ne dozvoljava uzimanje u obzir svih relevantnih podataka, ukoliko se ne primenjuju savremena naučna dostignuća i informatička tehnologija.

Savremena informatička tehnologija (hardware, software i netware) omogućava da se, u ograničenom vremenu, na efikasan način prikupe, se-

lektiraju, obrade, prenesu i čuvaju relevantni podaci, a u datom trenutku, na bazi upravljačkih informacija, izvrše potrebni proračuni i izlistaju željeni rezultati za određeni broj varijanti.

U skladu s navedenim, ovaj rad je doprinos povećanju efikasnosti rada organa tehničke službe u fazi pripreme za izvođenje borbenih dejstava.

Formalizacija procesa izrade plana održavanja

U planiranju održavanja TMS u b/d postoje dve bitno različite situacije:

— kada se planira održavanje na osnovu poznatog stanja neispravnosti TMS i

— kada se planira održavanje na osnovu procene gubitaka i oštećenja TMS za predstojeći borbeni zadatak.

Iz toga proizlazi potreba da se plan održavanja radi za dve varijante.

Za prvu situaciju može se napraviti konkretan plan održavanja po kojem će se on i realizovati, dok se za drugu situaciju može napraviti operativni plan održavanja koji koristi organu tehničke službe da sagleda i uporedi ukupne potrebe za održavanje TMS i raspoložive resurse za održavanje, te da na osnovu toga postavi optimalnu organizaciju održavanja za predstojeći

borbeni zadatak. Operativni plan održavanja nije borbeni dokumenat po kojem će se održavanje stvarno i realizirati, već isključivo koristi kao pomoć organu tehničke službe u postavljanju optimalne organizacije održavanja.

Imajući u vidu da se organizacija održavanja, zavisno od komandnog nivoa, za obe situacije, reguliše u direktivi ili zapovesti za pozadinu, naređenju za tehničko obezbeđenje organa tehničke službe i naređenju pozadinskoj jedinici — ustanovi, plan održavanja koji se izrađuje za situaciju kada je poznato stanje ispravnosti TMS može po svojoj formi i sadržaju izgledati kao i operativni plan održavanja. Plan u takvom slučaju predstavlja dokument na osnovu kog se organizuje održavanje i dostavlja se neposredno potčinjenim jedinicama za održavanje TMS.

Obe varijante plana održavanja mogu se raditi na jedinstvenom obrascu »Operativni plan održavanja«, prilagođenom za ručnu i automatizovanu izradu. Pri tome, pri automatizovanoj izradi plana programski (sistemski) je rešeno da se ispuštaju oni elementi planiranja koji nisu značajni za razmatranu varijantu izrade plana (prema stanju TMS, odnosno prema procenjenim gubicima — oštećenjima TMS). Na primer, ako se plan radi na osnovu procene gubitaka — oštećenja TMS, nepotrebni su redovi u koje se upisuje broj TMS za tehničke preglede, i obrnuto — ako se plan radi za poznato stanje neispravnosti TMS, nepotrebni su redovi u koje se upisuju opšti, nepovratni i povratni gubici.

Plan održavanja se radi za određeni vremeski period, kao na primer: dani borbe, faze boja, etape operacije ili za zadatak u celini, o čemu odlučuje organ tehničke službe u konkretnoj situaciji.

Pri izradi plana održavanja, pored korišćenja neophodnih podataka, primećuju se matematičke relacije koje su u osnovi jednostavne, ali su za neau-

tomatizovanu primenu dugotrajne i zamorne, jer se mnogo puta moraju ponoviti. Te relacije su:

a) ukupan broj opštih gubitaka TMS k-te grupe u j-toj jedinici (UN_{jk}):

$$UN_{jk} = \frac{E_{jk} \cdot k_{og}}{100} [\text{kom}] \quad (1)$$

gde je:

E_{jk} — ukupan broj TMS k-te grupe u j-toj jedinici,

k_{og} — koeficijent procenta opštih gubitaka;

b) ukupan broj povratnih gubitaka TMS k-te grupe u j-toj jedinici (PN_{jk}):

$$PN_{jk} = \frac{UN_{jk} \cdot k_{pg}}{100} [\text{kom}] \quad (2)$$

gde je:

k_{pg} — koeficijent procenta povratnih gubitaka od opštih gubitaka;

c) ukupan broj TMS k-te grupe za laki remont (LR) u j-toj jedinici (LN_{jk}):

$$LN_{jk} = \frac{PN_{jk} \cdot k_{LR}}{100} [\text{kom}] \quad (3)$$

gde je:

k_{LR} — koeficijent procenta TMS za LR od ukupnog broja povratnih gubitaka;

d) ukupan broj TMS k-te grupe za srednji remont (SR) u j-toj jedinici (SN_{jk}):

$$SN_{jk} = \frac{PN_{jk} \cdot k_{SR}}{100} [\text{kom}] \quad (4)$$

gde je:

k_{SR} — koeficijent procenta TMS za SR od ukupnog broja povratnih gubitaka;

e) ukupan broj TMS k-te grupe za generalni remont (GR) u j-toj jedinici (GN_{jk}):

$$GN_{jk} = \frac{PN_{jk} \cdot k_{GR}}{100} [\text{kom}] \quad (5)$$

gde je:

k_{GR} — koeficijent procenta TMS za GR od ukupnog broja povratnih gubitaka;

f) broj potrebnih norma časova (NS) za LR k-te grupe TMS u j-toj jedinici (PR_{jklr}):

$$PR_{jklr} = LN_{jk} \cdot n_k [\text{NS}] \quad (6)$$

gde je:

n_k — norma za LR k-te grupe TMS;

g) broj efektivnih časova (ES) imajućih resursa za LR i TP za k-tu grupu TMS u j-toj jedinici (IR_{jk}):

$$IR_{jk} = M_{jk} \cdot S \cdot k_{BE} [\text{ES}] \quad (7)$$

gde je:

M_{jk} — broj mehaničara za opravku k-te grupe TMS u j-toj jedinici,

S — efektivan broj časova koliko se dnevno mehaničar može angažovati na održavanju TMS,

k_{BE} — koeficijent iskorišćenja radne snage u održavanju TMS;

h) broj borbenih vozila (b/v) koje će trebati izvlačiti ($IN_{b/v}$):

$$IN_{b/v} = k_1 \cdot LN_{b/v} + SN_{b/v} + GN_{b/v} [\text{kom}] \quad (8)$$

gde je:

k_1 — procenat b/v koja će trebati izvlačiti od ukupnog broja b/v za LR,

$LN_{b/v}$ — ukupan broj b/v za LR,

$SN_{b/v}$ — ukupan broj b/v za SR,

$GN_{b/v}$ — ukupan broj b/v za GR;

i) broj borbenih vozila koja će trebati evakuisati ($EN_{b/v}$):

$$EN_{b/v} = SN_{b/v} + GN_{b/v} [\text{kom}] \quad (9)$$

j) broj neborbenih vozila (nb/v) koja će trebati izvlačiti i evakuisati ($IE_{nb/v}$):

$$IE_{nb/v} = SN_{nb/v} + GN_{nb/v} [\text{kom}] \quad (10)$$

k) potreban broj sredstava za izvlačenje — evakuaciju ($PBSI_j$):

$$PBSI_j = \frac{IE}{KDMI_j} [\text{kom}] \quad (11)$$

gde je:

$PBSI_j$ — potreban broj j-tog sredstva za izvlačenje, odnosno evakuaciju,

IE — broj TMS koja treba izvući, odnosno evakuisati,

$KDMI_j$ — maksimalni broj mogućih intervencija izvlačenja, odnosno evakuacije.

Broj potrebnih norma časova (NS) za SR, odnosno GR, određene grupe TMS za datu jedinicu, računa se korišćenjem relacije (6), s tim da se uzme ukupan broj TMS za SR, odnosno GR, određene grupe i pomnoži brojem norma časova potrebnih za opravku jednog sredstva u SR, odnosno GR te grupe TMS. Isto tako, broj efektivnih časova (ES) imajućih resursa za SR i GR dobije se korišćenjem relacije (7).

Grupe TMS, navedene u prethodnim relacijama, odnose se na: pešadijsko naoružanje; artiljerijsko naoružanje; raketno naoružanje; borbena vozila (guseničari); neborbena vozila (točkaši); inženjerske mašine, radio-uređaji; radio-relejni uređaji i uređaji nosećih frekvencija; telefonsko-telegrafski uređaji, te ostala TMS.

Vrednosti koeficijenata procenta gubitaka koji se koriste u relacijama od 1 do 5 mogu se uzeti iz »Pregleda prosečnih opštih i povratnih gubitaka po stepenima remonta, efektivnog anga-

žovanja remontnih kapaciteta i potrebnog vremena za remont pojedinih grupa TMS«, u Pravilu tehničke službe. Te vrednosti mogu se odrediti i na osnovu posebnih istraživanja ili iskustava stečenih u toku borbenih dejstava.

Koeficijent iskorišćenja radne snage u održavanju TMS (k_{BE}) predstavlja procenat vremena koje mehaničari stvarno provedu na opravci TMS u odnosu na prosečno predviđeno efektivno radno vreme na pojedinim nivoima održavanja TMS, definisano u Pravilu tehničke službe.

Za izvlačenje i evakuaciju prate se samo borbeni i neborbeni vozila.

Maksimalni broj mogućih intervencija izvlačenja, odnosno evakuacije, može se odrediti eksperimentalno za neke prosečne uslove, ekspertskom procenom, iskustveno kombinacijom navedenih postupaka ili posebnim istraživanjima.

Model za automatizovanu izradu plana održavanja tehničkih materijalnih sredstava u borbenim dejstvima

Blok-dijagram modela za automatizovanu izradu plana održavanja TMS u b/d prikazan je na slici.

Model se sastoji od datoteka i programa koji ažuriraju podatke u njima i programa koji izvršavaju potrebne proračune za konkretnu situaciju i kreiraju izlazne dokumente.

Ulazni podaci za ažuriranje datoteka su: promena normativa vremena za tehničke preglede, LR, SR i GR za određenu grupu TMS; promena broja TMS i broja mehaničara po grupama TMS za neku jedinicu; promena broja sredstava za izvlačenje i evakuaciju za neku jedinicu; promena broja sati dnevnog angažovanja mehaničara u nekoj jedinici; promena procenta očekujućih i povratnih gubitaka, te procenta za LR, SR i GR od povratnih gubitaka; promena prosečnih vremena iskorišćenja stručne radne snage u održavanju za LR, SR ili GR, te promena prosečnih

nih dnevnih mogućnosti za izvlačenje i evakuaciju za neko sredstvo za izvlačenje ili evakuaciju.

Izuzev matične datoteke jedinica i datoteke izlaznih dokumenata, sadržaj datoteka retko će se menjati, jer su u njima podaci koji su propisani, a do kojih se došlo eksperimentom, ekspertskom procenom ili posebnim istraživanjima.

Matična datoteka jedinica sadrži sledeće podatke: naziv jedinica; broj TMS i broj mehaničara po grupama TMS; broj sredstava za izvlačenje i evakuaciju po vrstama sredstava za izvlačenje i evakuaciju, te broj sati dnevnog angažovanja mehaničara na poslovima održavanja.

Za izvršenje proračuna, pored podataka u datotekama, potrebni su i posebni ulazni podaci kao upravljačke informacije vezane za konkretnu situaciju. To su:

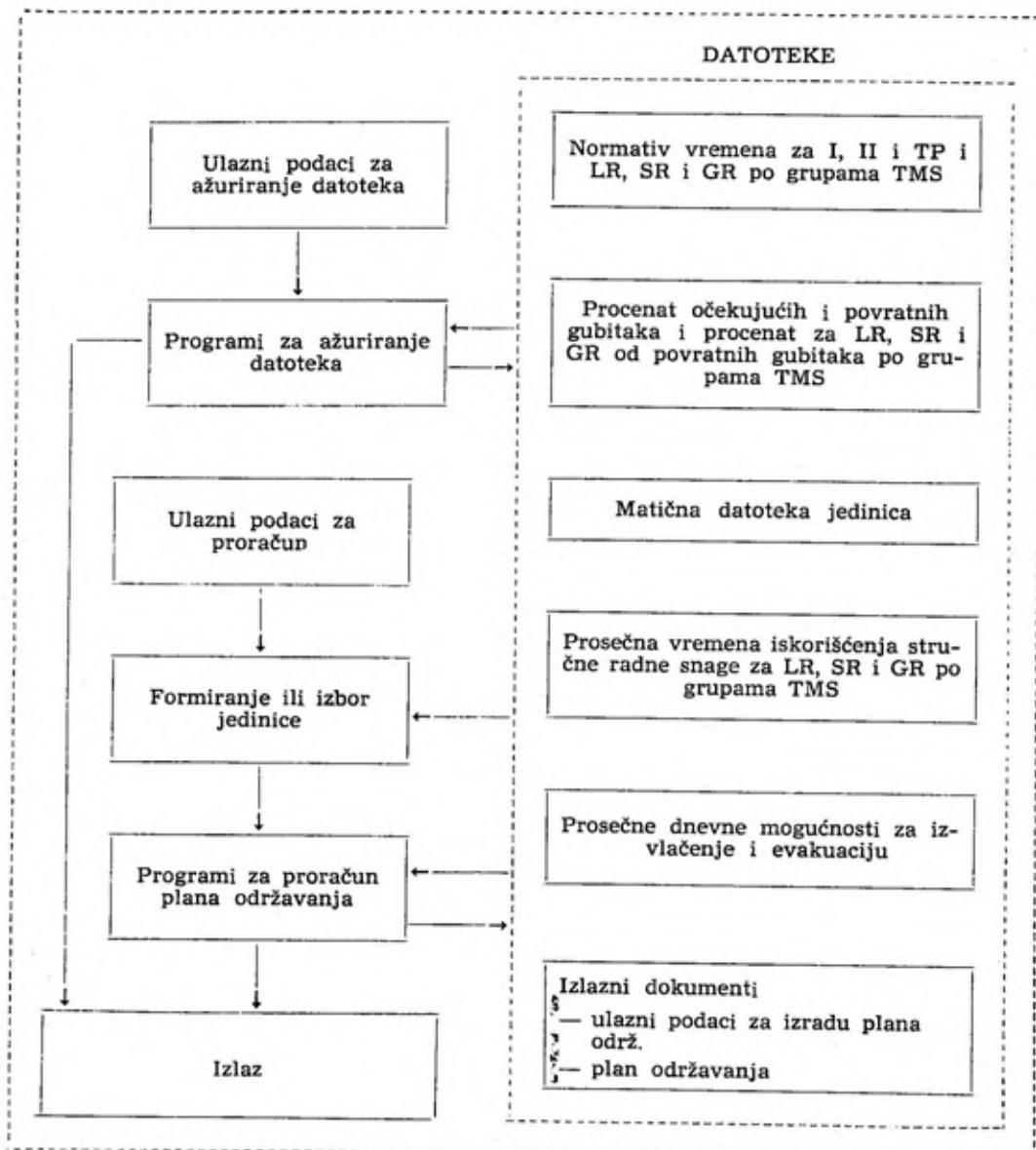
a) za obe situacije u planiranju: prosečno dnevno angažovanje mehaničara; dodatni resursi za održavanje po grupama TMS; koeficijent iskorišćenja stručne radne snage; dodatna sredstva za izvlačenje i evakuaciju; broj mogućih intervencija izvlačenja i evakuacije po vrstama sredstava za izvlačenje i evakuaciju;

b) podaci koji su, pored navedenih, potrebni za situaciju kada se planira održavanje na osnovu poznatog stanja neispravnosti TMS: broj TMS za tehničke preglede, te broj TMS za LR, SR i GR;

c) podaci koji su, pored navedenih, potrebni za situaciju kada se planira održavanje na osnovu procene gubitaka i oštećenja TMS: očekujući i povratni gubici u procentima, te procenat TMS za LR, SR i GR od iznosa povratnih gubitaka, po grupama TMS.

Deo ulaznih podataka, koji se nalaze u datotekama menja se samo kada korisnik želi da izvrši proračun sa drugim (svojim) podacima.

Svi proračuni se baziraju na relacijama navedenim u formalizaciji procesa izrade plana održavanja.



Slika — Blok dijagram modela za automatizovanu izradu plana održavanja TMS u b/d

Izlaz predstavljaju dva dokumenta: operativni plan održavanja i pregled ulaznih podataka na osnovu kojih je napravljen taj plan, i to posebno za situaciju 1 ili 2.

Na osnovu navedenog modela napravljen je program na personalnom računaru u programskom jeziku BA-

SIC. Program je prilagođen za interaktivan rad i omogućava izradu operativnog plana održavanja za obe situacije planiranja kako je to opisano modelom.

Primer operativnog plana održavanja dat je u prilogu.

OPERATIVNI PLAN ODRŽAVANJA
za pešadijsku brigadu za dan — period 17. 11. 1993.

		NAORUŽANJE			MOTOTEHN.		INZ. TMS	Sredstva veze			Ostala TMS	
		peš.	art.	rak.	gus.	toč.		RU	RRU	TT		
Opšti gub. (kom)		94	15	2	6	32	1	35	0	6	0	0
Nepov. gub. (kom)		28	4	1	2	10	0	10	0	2	0	0
Povr. gub. (kom)		66	11	1	4	22	1	25	0	4	0	0
Broj TMS za	LR	40	7	1	2	13	1	15	0	2	0	0
	SR	20	3	0	1	7	0	8	0	1	0	0
	GR	6	1	0	1	2	0	2	0	1	0	0
Potrebno NC za	LR	20	21	3	24	78	3	45	0	6	0	0
	SR	40	36	0	50	140	0	64	0	8	0	0
	GR	18	50	0	200	200	0	40	0	20	0	0
Ima EC za	LR	54	102	18	84	288	60	54	6	30	0	0
	SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RAZLIKA (ima EC- potr. NC)	LR	34	81	15	60	210	57	9	6	24	0	0
	SR	—40	—36	0	—50	—140	0	—64	0	—8	0	0
	GR	—18	—50	0	—200	—200	0	—40	0	—20	0	0

	Broj TMS za		Potreban br. sredstava za		Ima sredst. za		RAZLIKA Ima-pot. sred.		Broj TMS koji se ne može	
	Izvl.	Evak.	Izvl.	Evak.	Izvl.	Evak.	Izvl.	Evak.	Izvući	Eva-kuis.
gus.	2	2	1	1	1	0	0	—1	0	2
toč.	9	9	2	2	0	0	—2	—2	9	9

Zaključak

Automatizacijom izrade plana održavanja TMS u b/d stvoreni su uslovi za bitno smanjenje vremena potrebnog za njegovu izradu, što je posebno važno kada se zna da savremena borbeno dejstva zahtevaju brzo i efikasno reagovanje na novonastalu situaciju. Primenom računara izbegava se moguća subjektivna greška u proračunima i o-

moćućava brza i kvalitetna izrada izlaznih dokumenata. Pored toga, u vrlo kratkom vremenu moguće je izvršiti proračune za nekoliko mogućih varijanti plana održavanja. Na taj način se umnogome olakšava rad organu tehničke službe u postavljanju optimalne organizacije održavanja s ciljem da se obezbedi maksimalna raspoloživost TMS u toku izvršenja borbenog zadatka.

Literatura:

- [1] Crnić, S.: Automatizacija procesa planiranja tehničkog obezbeđenja u borbenim dejstvima, magistarski rad, Visoke vojnotehničke škole, Zagreb, 1988.
- [2] Dovedan, Z.: BASIC jezik i programiranje, Zveza organizacij za tehničko kulturo Slovenije, Ljubljana, 1986.
- [3] Nikolić, M. i dr.: Taktika tehničke službe (lekcije), CVTS KoV JNA, Zagreb, 1988.
- [4] Pravilo tehničke službe, SSNO (Tehnička uprava), Beograd, 1979.

Mr Nenad Parčina,
potpukovnik, dipl. inž.
Dušan Dobrila,
dipl. inž.

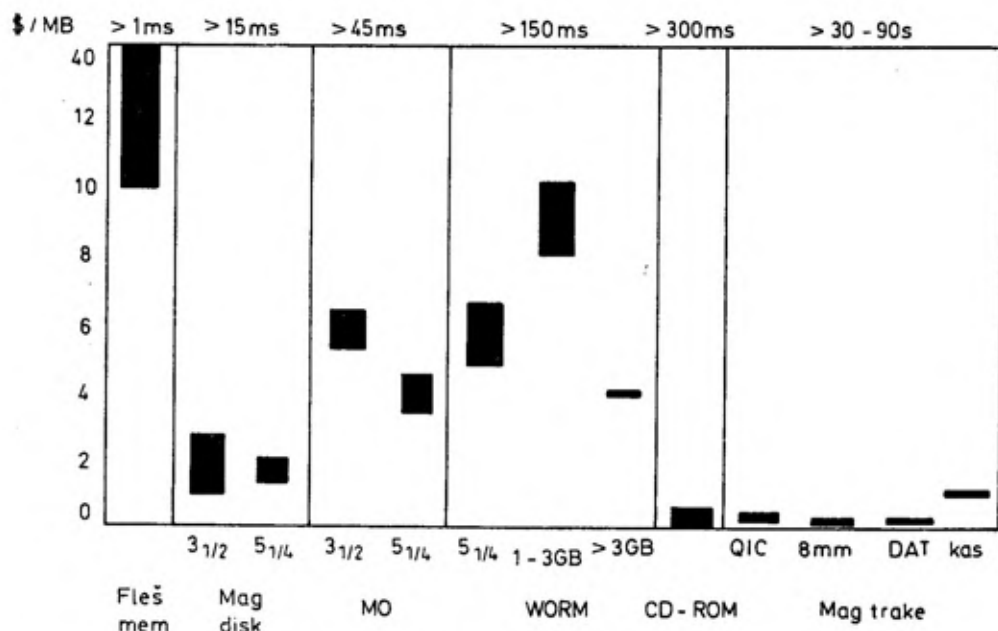
SAVREMENI TRENDOWI TEHNOLOGIJA ZA MASOVNO SPREMANJE PODATAKA

Uvod

Svakodnevna potreba za zapisivanjem velikog broja najrazličitijih podataka, kao i za njihovo korišćenje u što kraćem vremenu doveli su do razvoja više različitih tehnologija, od magnet-skih mekih (floppy) ili tvrdih (hard) diskova, magnetskih traka, optičkih i magnetno-optičkih memorija, trenutnih poluprovodničkih memorija (flash memory), pa do holografskog spremanja podataka. Brzi uređaji malog kapacite-



Sl. 1 — Piramida — hijerarhija tehnologija



Sl. 2 — Odnos cene, vremena pristupa i tehnologija

ta i visoke cene spadaju u vrh a sporiji uređaji velikog kapaciteta i niže cene na dno hijerarhije.

Najbolju vizuelnu prezentaciju hijerarhije predstavlja piramida koja se popunjavala uređajima koji su se razlikovali po brzini, kapacitetu i ceni razvojem kompjuterske tehnologije. Cilj je bio i ostao: ostvariti što jeftiniju manipulaciju što većom količinom podataka i što većom brzinom [1].

Poluprovodničke memorije

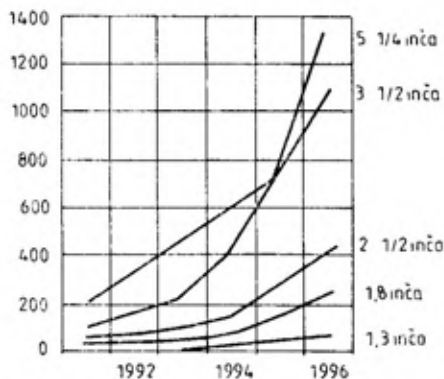
Na vrhu piramide nalaze se, uglavnom, DRAM memorije koje se koriste za privremeno spremanje podataka i programa. DRAM memorije su privremene i reprogramibilne, što znači da zaboravljaju svoj sadržaj po isključenju napajanja, a on se može menjati tokom rada. Za razliku od njih, ROM (EPROM i EEPROM) memorije su reprogramabilne i stalne, promena sadržaja je složena, a cena im je visoka.

Trenutne memorije (flach memory) stalne su, reprogramabilne i popularne. Razloga za to ima više: povećao se kapacitet po čipu, smanjila se cena, a i zadovoljeni su zahtevi prenosivih i malih kompjutera za malom potrošnjom snage i malom težinom. Trenutne memorije su izuzetno brze (vreme pristupa podatku je 120 nanosekundi), potrošnja struje i snage je mala (1 mA u statičnom režimu, a 1 μ A u režimu čekanja; 1-MB trenutni disk troši samo 1,2 W). Iz razloga što nemaju pokretnih ili mehaničkih delova podnose mehaničke šokove do 1200 g. Takođe, rade pouzdano u velikom rasponu temperatura, relativno su malih dimenzija (32 Mb čip omogućuje pakovanje 195 MB po kvadratnom inču), lagane su i rade tiho. Idealne su za laptop i prenosive digitalne uređaje. Problem kod trenutnih memorija je njihova cena (40 MB košta 1200 US dolara). Za razliku od magnetnih diskova, gde se

podaci upisuju direktno, kod trenutnih memorija prvo se brišu blokovi, a zatim upisuju bitovi [1, 2, 3,].

Magnetni tvrdi i meki diskovi

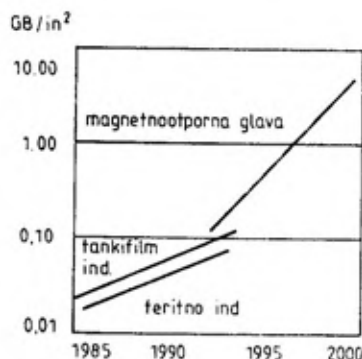
Tehnologija magnetnih memorija se do sada najbrže razvijala, što je bio rezultat veličine tržišta, konkurencije na tržištu i postavljenih standarda. I dalje se predviđa povećanje gustine zapisa od 60% do 65% godišnje, pad cena od 12% kvartalno i vek proizvoda od jedne godine. Pored toga, tvrdi diskovi su svake godine povećavali kapacitet za oko 60%, a taj trend se i dalje nastavlja [1].



Sl. 3 — Rast kapaciteta tvrdih diskova

Na tvrdi magnetni disk spremaju se podaci pomoću glave za upis i čitanje (elektromagnet) koji upisuje podatke tako što magnetiše područja na disku uz odgovarajuću orijentaciju. Ispis se vrši po koncentričnim krugovima na disku koji se okreće konstantnom brzinom. Brzina obrtanja diska je povećana sa 3600 obrtaja u minuti preko 5400 o/min na 7200 o/min. Povećanje od 33% znači i brži pristup podacima — sada je reda desetak milisekundi. Kapacitet se povećava povećanjem broja tragova po centimetru prečnika diska, a poboljšanje karakteristika postiže se povećanjem broja bitova po tra-

gu, što zahteva kvalitetniji medij za zapis i visoke performanse glave za upis i čitanje. Površina za upis izrađena je od magnetskog materijala (legura kobalta i nikla), prekrivenog zaštitnim slojem, a glava je malih dimenzija i, istovremeno, veoma osetljiva [1, 2].

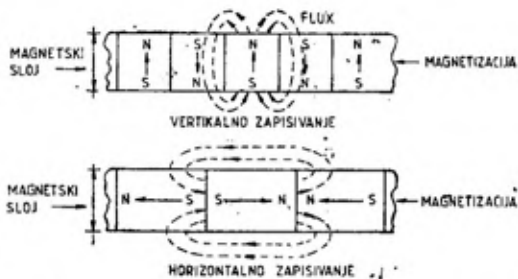


Sl. 4. — Tehnologija glava i njihov uticaj na kapacitet

Ključ za povećanje gustine je u istraživanjima i primeni magnetooptične glave, sposobne da čita bitove gustine od 1,8 miliona bitova po kvadratnom milimetru. Ova glava u svom sastavu ima tanki magnetski sloj između dva provodnika. Ovom sloju otpornost se menja u funkciji ugla magnetizacije namagnetisanog sloja ispod njega. Različito polarisani bitovi proizvode različite uglove magnetizacije, stvaraju se različiti otpori na sklopu, a glava čita podatke detektujući jačinu struje koja prolazi kroz sklop.

Primer dobrih diskova su IMB-ovi diskovi iz porodice od 3,5 inča, koji se okreću brzinom od 7200 o/min, kapaciteta 1 GB; 2,1 GB i 4,3 GB, gustine zapisa od 564 Mb po kvadratnom inču, vremenu pristupa od 8,6 ms i protokom od 12,2 MB u sekundi [1].

Za potrebe mekih diskova — disketa, »Toshiba« je razvila tehnologiju perpendikularnog zapisivanja na mediju barijumferitu. Za razliku od klasičnog zapisivanja, gde se magnetizaci-



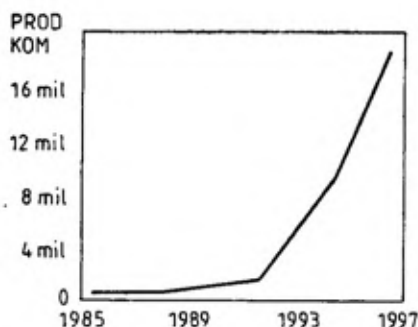
Sl. 5 — Poređenje metoda vertikalnog i horizontalnog magnetnog zapisa

ja vrši horizontalno ili paralelno na površinu diskete, ovde se barijumferit magnetiše vertikalno, pa se uz precizno pozicioniranje glave povećava kapacitet barijumferit disketa na 32 MB, uz predviđeno pomeranje granice na 64 MB [2, 4].

Optičke memorije

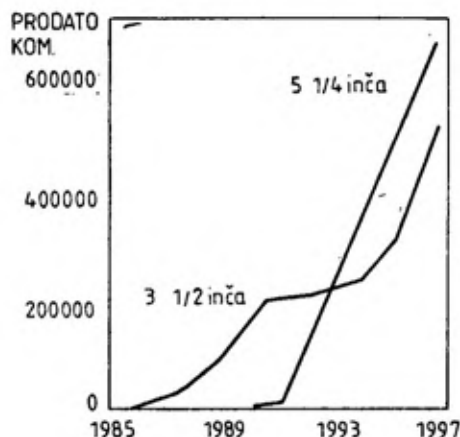
Sudeći po broju prodatih primera, CD-ROM diskovi su najprodavaniji optički proizvod. Daskora su CD diskovi bili orijentisani na aplikacije, kao što su biblioteke, a malo su se koristili kao medijum za spremanje podataka. Zamenljivi kartridži velikog kapaciteta, sa velikom količinom informacija i dugim vremenom pristupa pogodni su u slučajevima kada potreba za podacima na disku nije česta. Pored čisto optičkih tehnologija, kao što su CD-ROM i WORM (write once, read many times), koriste se i magnetno-optički (MO) sistemi koji su kombinacija magnetske i optičke tehnologije i zavise od magnetizma i optike [1].

S obzirom na prenosivost i međusobnu zamenljivost diskova, magnetno-optičko (MO) spremanje podataka je tehnologija koja nudi mnogo bolji odnos cene po megabajtu od magnetnih diskova. Pored toga, opada veličina diskova sa 12 ili 14 inča, na diskove od 5,25 i 3,5 inča. Kapacitet diskova stalno raste, pa se sa donedavnog standarda od 650 MB (za 5,25 inčnu ploču)



Sl. 6 — CD-ROM — broj prodanih uređaja — posle sporog rasta CD-ROM stiže do standarda

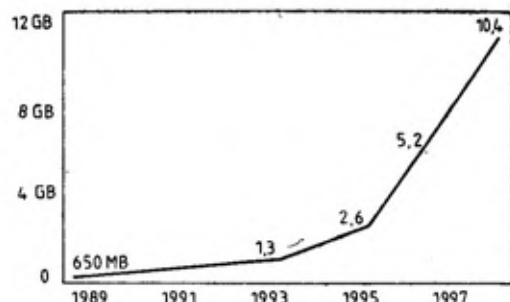
stiglo do današnjeg kapaciteta od 1,3 GB za istu ploču, a predviđaju se i udvostručenja pre 1995, 1996, i 1998. godine. Ovakav očekivani porast kapaciteta za samo četiri godine, od 1,3 GB na 10,4 GB, svakako treba pripisa-



Sl. 7 — Porast prodaje: 5 1/4 i 3 1/2 inčnih MO uređaja

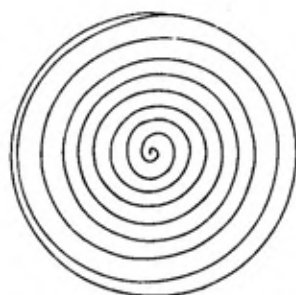
ti relativno dugom početnom periodu razumevanja i razvoja MO tehnologije, kao i njenog komercijalnog iskorišćenja. Očigledno je da je MO tehnologija zakoračila na tržište kao realan takmac drugim tehnologijama za masovno spremanje podataka [5].

Optički diskovi koji koriste konstantnu linearnu brzinu (CLV) su spo-



Sl. 8 — Porast kapaciteta MO uređaja kroz vreme

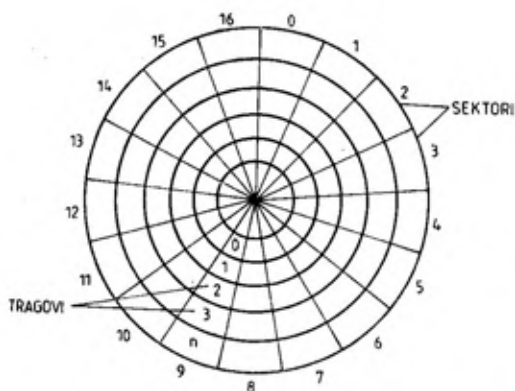
ri s obzirom na to da su podaci organizovani sekvencijalno u kontinualnom spiralnom tragu, a ne u tragovima i sektorima. Pri traženju nekog podatka, glava za čitanje mora pronaći položaj podatka a ne njegovu adresu, što znači da mora proći preko celog diska da bi očitala traženi podatak. Pri tome, što je glava bliža spoljnoj ivici diska, to se on brže okreće.



Sl. 9 — Organizacija CLV optičkog diska

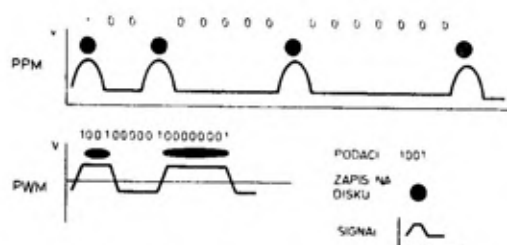
Optički diskovi koji koriste konstantnu ugaonu brzinu (CAV) — imaju podatke organizovane u sektore i tragove, a zapis je to gušći što su tragovi manji i što su bliži centru. CAV sistem ima manje podataka na disku od CLV sistema, ali se podacima znatno brže pristupa.

Osim ove postoji još jedna varijanta korišćenja magnetno-optičkih diskova, a naziva se Z-CAV (zoned constant angular speed) ili ZBR (zone-bit



Sl. 10 — Organizacija CAV optičkog diska

recording). Z-CAV koristi činjenicu da su spoljnji tragovi na disku duži nego oni unutrašnji i da omogućavaju gušće pakovanje podataka ukoliko je isto vreme i brzina kojom prolazi glava preko njih drugačija. Zato Z-CAV diskovi mogu da drže 1 gigabajt podataka umesto normalnih 650 MB. Brzina pristupa spoljnjim tragovima je, takođe, veća nego kod CAV diskova [2, 4].



Sl. 11 — Princip zapisa PPM i PWM metodom

Glavno poboljšanje koje će omogućiti skok kapaciteta na 2,6 GB je PWM (pulse width modulation — širinsko impulsna modulacija). Postojeći 650 MB i 1,3 GB diskovi za zapisivanje koriste metod nazvan PPM (pulse-position modulation — impulsno položajna modulacija). Kod PPM informacija je zapisana u vremenskom intervalu između pozitivnih vrhova signala na disku koji odgovaraju centru zapisanog domena.

Kod PWM je informacija zapisana u vremenskom intervalu između ivica signala na disku. Zapis je termalni proces pomoću kontrolisane snage lasera koji služi kao izvor toplote [5].

Pored do sada opisanih metoda postoje i drugi metodi za povećanje kapaciteta diskova.

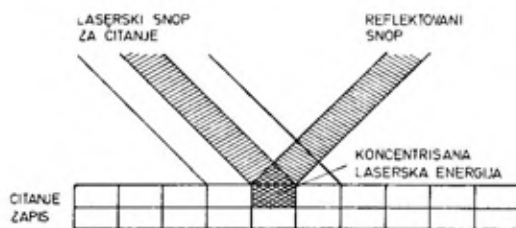
Smanjenje širine tragova zapisa na MO disku: sa 1,6 μm (650 MB) preko 1,39 μm (1,3 GB) do predviđenih 1,15 μm (2,6 GB).

Promena optike diskova: gustina zapisa bitova koju je moguće postići na disku direktno je vezana za dimenzije tačke fokusiranog laserskog snopa na disku, što je direktno vezano za talasnu dužinu i numerički otvor (NA) sočiva. Dimenzija tačke proporcionalna je talasnoj dužini lasera i obrnuto proporcionalna numeričkom otvoru. To znači da smanjenjem talasne dužine i povećanjem numeričkog otvora smanjujemo dimenzije tačke, a time povećavamo gustinu zapisa. Sadašnji 1,3 GB diskovi koriste laser sa talasnom dužinom od 780 nanometara i numeričkim otvorom od 0,55. Budući diskovi će imati laser sa talasnom dužinom od 670 nm i sočiva u objektivu sa numeričkim otvorom 0,60 što će omogućiti takvu gustinu da se dostigne kapacitet od 2,6 GB. Analizirajući trendove, može se pretpostaviti da će talasne dužine lasera pasti na 640 nm, a da će numerički otvor porasti na 0,65 do 1998. godine, što će dati 12% smanjenje tačke i 30% povećanje kapaciteta diskova od 2,6 GB. Ovaj napredak u sferi manjih talasnih dužina očekuje se kod plavih ili zelenih laserskih dioda sa izgledom da se na tržištu pojave 1997. ili 1998. godine.

Druge tehnike koje su važne za 5,2 GB diskove su optička i magnetska superrezolucija.

Optička superrezolucija, koja daje 20 do 30% veću gustinu tragova na disku, modifikuje raspodelu optičke snage snopa fokusiranog na optički disk.

Snaga se raspoređuje dalje od centra snopa prema ivici, proizvodeći kroz difrakciju manju tačku na disku koja omogućuje povećanje kapaciteta bez smanjenja talasne dužine i povećanja numeričkog otvora. Postupak optičke superrezolucije liči na elektronski filter koji pojačava visoke frekvencije, a potiskuje niske, s tom razlikom što ne menja fazu.



Sl. 12 — Magnetna superrezolucija

Magnetna superrezolucija ne menja distribuciju snage laserskog snopa. Ona koristi otvor submikronske veličine ili prozor na fokusiranoj tački, a veličina ovog prozora određuje rezoluciju. Fokusirana laserska tačka kod optičke superrezolucije može imati prečnik od 1 mikrona. Ovaj magnetni prozor može imati veličinu reda 0,3 mikrona. »Sony« je stvorio magnetni prozor dodavanjem još jednog MO sloja standardnom MO disku. Kod medijuma magnetne superrezolucije bitovi podataka su memorisani u spaljenom memorijskom sloju. Za vreme čitanja laserski snop zagreva memorijski i čitajući sloj. Magnetnim uparivanjem bitovi se kopiraju iz memorijskog sloja u čitajući sloj i vidljivi su laserskom snopu. Samo submikronska oblast zagreva se tako da samo podaci u toj oblasti mogu biti vidljivi i selektovani. Kada su podaci pročitani i kada su prošli ispod laserskog snopa slojevi se hlade i prolaze kroz magnetno polje koje briše domene u čitajućem sloju, ali ostavlja nedernutim one u memorijskom sloju.

Još jedna tehnologija koja obećava jeste korišćenje PRML (partial res-

ponse maximum likelihood — delimičan odgovor-maksimalna sličnost) kanala koji koristi tehnike digitalnog filtriranja da bi omogućio sistemu za čitanje da se prilagodi na promene koje su svojstvene za ISI (inter symbol interchange — međusimbolsku interferenciju). Međusimbolska interferencija određuje konkretnu granicu koja određuje koliko blizu mogu biti bitovi memorisani na mediju. Prilagodivi PRML kanali omogućavaju da bitovi budu na manjem rastojanju zbog filterskih tehnika koje su sposobne da razdvoje pravi od signala nastalih zbog intersimbolske interferencije. Pored toga, PRML kanali koriste detekciju uzoraka, a ne prosto čitanje bit po bit. To znači da se čitaju uzorci u određenim intervalima i onda odlučuje da li je pročitani uzorak 1 ili 0. Upravo je ova »inteligencija« snaga koju ima PRML, jer daje mogućnost prilagođenja na različite glave, medije i stanja okoline.

Smanjenje razmaka između tragova zapisa na diskovima dovodi do povećanja kapaciteta diskova. Na žalost, što su tragovi bliži veća je i interferencija ili preslušavanje susednih tragova, a rezultat toga je gubitak korisnog signala. To je problem kod MO i magnetnih diskova. Na sreću, za MO diskove u razvoju su tehnike koje će omogućiti čitanje bez preslušavanja za razmak između tragova od 0,6 mikrona ili čak i manje.

Prva tehnika za eliminisanje preslušavanja je već pomenuta magnetna superrezolucija. Ovde se samo bitovi iz željenog traga kopiraju u sloj za čitanje, a svi susedni tragovi su nevidljivi za laserski snop za čitanje, tako da preslušavanje nije moguće.

Druga tehnika nazvana »ponišćavanje preslušavanja« ne zahteva promenu strukture MO medijuma, već koristi mogućnost paralelizma optike, to jest, sposobnost da se upisuje i čita više tragova odjednom kroz isti optički kanal. Tako se čitaju tri traga odjed-

nom, željeni i dva susedna. Zatim se elektronikom izdvaja koristan i željeni signal od onih iz susednih tragova.

Promene medijuma kod MO diskova

Poluprovodničke laserske diode, LSI kola i jeftini i stabilni MO medijumi su tehnologije koje omogućavaju razvoj MO diskova. Od svega toga je medijum, na prvi pogled jednostavna kombinacija slojeva polikarbonata u plastičnom pakovanju, jedinstven za MO tehnologiju. Današnja istraživanja medijuma za MO usmerena su na četiri oblasti: niskošumni medijumi za velike gustine, MO materijali sa kratkotalasnim odgovorom, magnetna superrezolucija i medijumi koji omogućavaju zapis podataka u jednom prolazu.

Kontrola izvora šumova u MO diskovima je kritična za gustinu zapisa i važno je razumeti i minimizirati medijumski šum koji nastaje iz dva izvora: šum pri zapisivanju i šum pri čitanju. Zapisujući šum je vidljiv u neregularnostima u zapisanim magnetnim domenima. Na primer, čak i sa savršeno upravljanim laserskim impulsom, zapisani domen ima submikronske neregularnosti u svom obliku. Razlozi nastajanja tih neregularnosti su mikromagnetski diskontinuiteti u materijalu od kojih su napravljeni slojevi MO diska, kao što su anizotropnost i defekti slojeva. Poboljšani materijali i bolji postupci nanošenja slojeva na MO medijume su u razvoju i svakako da će smanjiti šum pri zapisivanju. Šum pri čitanju uključuje sve efekte koje šum nosi u sebi, kao što je detekcija ivica domena na disku. Elektronski i laserski šum dominantni su izvori šuma. Šum pri čitanju rezultat je interferencije izvora kao što su varijacije u reflektivnosti sloja na medijumu i varijacije u MO Kerr efektu (Kerr efekt daje polarizaciju čitajućeg laserskog snopa tako što ga rotira u plus ili minus stranu zavisno od polarizacije na medijumu i to određuje

je da li je bit 1 ili 0). U razvoju su tehnike koje bi trebalo da minimiziraju ove efekte.

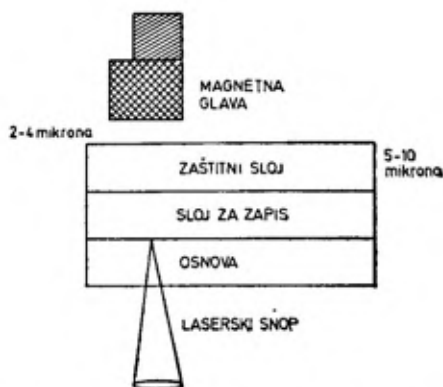
Razvoj medijuma za korištenje kratkotalasnih lasera je kritična oblast za povećanje kapaciteta MO diskova. Modifikacija sadašnjih medijuma zadovoljiće potrebe za kapacitetom do 5,2 Gb. Međutim, za veće kapacitete i korištenje laserskih dioda u zelenom ili plavom talasnom području medijumi moraju da se poboljšaju. Na žalost, današnji medijumi ne zadovoljavaju, odnosno nemaju odgovarajuću reakciju na plave ili zelene talasne dužine. Zato se razvijaju novi MO materijali, kao što su kobaltno-platinasti i neodijum-kobaltni filmovi. IBM je skoro prezentirao MO medijum sa kapacitetom od 2,5 Gb po kvadratnom inču, koristeći laser plave talasne dužine od 426 nm.

Pored toga, u loše osobine magnetno-optičkih diskova ubraja se i zahtev za dva prolaza glave preko diska za upis podatka, pri čemu je prvi prolaz za brisanje postojećeg podatka, a drugi prolaz je za upis novog.

Upisivanje bez brisanja kod MO diskova

DOW (direct overwrite — zapisivanje bez brisanja) MO medijuma omogućuje da jednim prolazom laserskog snopa obavi proces i brisanja prethodnog i zapisivanja novog podatka na disk. Razvijaju se dve vrste ovakvih medijuma.

Prvi medij je uobičajeni MO medij čija je pozadina prilagođena tako da magnetna glava dodiruje ili lebdi iznad MO sloja. Magnetna glava je dovoljno mala da menja magnetno polje na odgovarajućem mestu za vreme zapisivanja, a ovaj proces »Sony« već koristi kod svojih proizvoda. Da bi se izvela promena orijentacije tačaka na disku, potrebno je izvesti veoma preciznu sinhronizaciju rada optičkog i magnetskog sistema za upis na disk, a to je, u stvari, problem koji se javlja pri upisu podataka na disk.



Sl. 13 — Konstrukcija medija sa zaštitnim slojem kod DOW MO

Da bi upisali podatak na MO disk treba promeniti orijentaciju tačke na disku, pri čemu se ne sme menjati orijentacija susednih tačaka. Ovaj zadatak može izvršiti samo laser, a on ga rešava tako što zagrije tačku na medijumu do temperature koja se naziva Curie tačka. To je temperatura kada magnetski materijal gubi magnetsku orijentaciju i tada glava sa malim elektromagnetom polariše tu tačku u željenu polarizaciju [2, 5, 6].

Drugi medij će DOW tehnologija verovatno koristiti za 5,25 inčne MO diskove, a sastoji se od uparenih MO medija, koji su slični medijima sa magnetskom superrezolucijom po tome što sadrže dodatni MO sloj. Jedan MO sloj je memorijski za spremanje podataka, a drugi je magnetni sloj za brisanje podataka, što izbacuje potrebu za dodatnim magnetnim poljem. Za rad sa uparenim medijem koriste se tri nivoa snage lasera — za čitanje, za upisivanje nula i za upisivanje jedinica. Ove promene snage omogućavaju temperaturno zavisnim slojevima da direktno zapisuju bez prethodnog brisanja podataka.

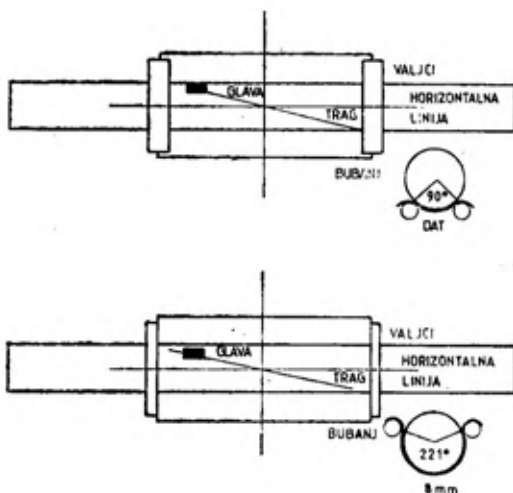
Magnetne trake

Magnetne trake drže korak sa diskovima. Ono što je loše kod traka je njihova brzina pristupa podacima, ali

je zato količina podataka velika. Sa pojavom personalnih računara pojavila se i magnetna traka od četvrtine inča (QIC — quarter inch cartridge — kartridž od četvrtine inča). Razvijena je da spremi 5 MB podataka i ubrzo po pojavi postala je popularna za pravljenje kopija diska, a sada QIC trake zauzimaju 2/3 tržišta sistema za spremanje podataka sa trakama. Traka se mora kretati brzo (90—120 inča u sekundi) da bi se ostvarila zadovoljavajuća brzina pristupa podacima i kvalitet zapisivanja, što stvara problem zagrevanja trake pri prolazu preko stacionarne glave i dovodi do uništavanja magnetnog sloja — prosečno trake mogu da izdrže od 200 (150 MB) do 400 (60 MB) prolaza.

Ubrzo se pojavio osmomilimetarski format koji je koristio standardni VHS metod za spremanje podataka — rotirajući bubanj (helical scan), a na kasete sa ovom trakom moglo je da stane 2 gigabajta podataka.

Sledeći korak u tehnologiji doneo je četvoromilimetarsku digitalnu audiotraku (DAT) koja koristi digitalnu tehnologiju zapisivanja razvijenu za DAT uređaje u muzici i smešta giga-



Sl. 14 — Uglovi zatezanja trake kod DAT i osmomilimetarskog sistema

bajte podataka na samo jednu traku. DAT sistem koristi rotirajući bubanj, a kako glave na rotirajućem bubnju čine glavni posao, DAT traka ne treba da se kreće brzo; ona ima brzinu od 1/3 inča u sekundi, pa može izdržati i preko 1000 prolaza [1, 5].

Oba sistema, osmomilimetarski sistem i četvoromilimetarski DAT sistem koriste helical scan tehnologiju, pri čemu je stepen namotavanja trake oko rotirajućeg bubnja kod osmomilimetarskog sistema 221 stepen, a kod DAT sistema 90 stepeni, što smanjuje trenje i sprečava gužvanje za vreme pretraživanja brzinom 200 puta većom od nominalne brzine čitanja i upisa [7].

Digitalna linearna traka (DLT — digital linear tape), koju proizvodi firma DEC, nudi kapacitet, brzinu i veliku pouzdanost. Vek trajanja magnetne glave je 5 puta veći nego ranije i iznosi 10000 sati, a vreme između grešaka je 80000 sati [1].

Zaključak

Umesto zaključka može se napraviti upoređenje postojećih sistema:

Literatura:

- [1] Wallace S.: »Managing mass storage«; Byte; March 1994.
- [2] N. Parčina., D. Dobrila: »Tehnologije za masovno spremanje podataka«; VTG.
- [3] Lathi W.: »Store Data in a Flash«; Byte; Novembar 1990.
- [4] Harvey D.: »State of the Media«; Byte; Novembar 1990.

— klasični magnetni tvrdi diskovi i diskete još uvek su konkurentni. Postali su manji, smanjili su potrošnju, brzi su u radu i imaju nisku cenu. Međutim, kapaciteti su im ograničeni, veoma su osetljivi na vibracije, visoke temperature i spoljna elektromagnet-ska polja;

— optički diskovi agresivno nadiru, većih su dimenzija, veći su potrošači električne energije, imaju više cene, sporiji su u radu, ali imaju ogromne kapacitete i neosetljivi su na spoljne uticaje;

— poluprovodničke memorije imaju izvanredne brzine, visoku pouzdanost, nisku potrošnju, visoku cenu i mali kapacitet.

Trenutne memorije postaću jeftinije, manje i većeg kapaciteta, pa će diskovi sa trenutnim memorijama zauzeti tržište sistema kojima je potrebna brzina i brz prenos podataka.

Magnetni diskovi će i dalje povećavati kapacitet po nižoj ceni.

MO će povećati kapacitet, dok će CD-ROM pojeftinjavati i povećavati kapacitet. Pored toga, pojavice se i dugo najavljivano holografsko spremanje podataka.

- [5] Campbell D., Proehl K.: »Optical advances«; Byte; March 1994.

- [6] Ryan B.: »Entering a New Phase«; Byte; Novembar 1990.

- [7] Lion K.: »DAT's a Solution«; Byte; Novembar 1990.

ANALIZA UTICAJA OMETAČKIH SIGNALA NA RADIO-SISTEME ZA PRENOS U PROŠIRENOM SPEKTRU METODOM DIREKTNE SEKVENCE

Uvod

Radio-sistemi za prenos signala u proširenom spektru (PS) metodom direktne sekvence (DS) predstavljaju jednu klasu telekomunikacionih sistema koju karakterišu sledeće osobine:

— prenošeni signal u svakom trenutku zauzima znatno širi frekvencijski opseg od minimalno potrebnog da bi se prenela poruka,

— proširenje frekvencijskog opsega ostvaruje se u predajniku korišćenjem pomoćnog, pseudoslučajnog signala koji je nezavisan od poruke, a poznat je prijemniku. Ovaj pomoćni signal mora biti izražen u digitalnom obliku, pa se zbog toga naziva pseudoslučajna sekvenca.

Osnovne prednosti radio-sistema za prenos signala u PS-DS u odnosu na konvencionalne radio-sisteme su:

- povećana otpornost na ometanje;
- povećana otpornost na izviđanje i prisluškivanje;
- mogućnost rada u kodnom multipleksu.

Nedostaci ovih radio-sistema u odnosu na konvencionalne radio-sisteme su:

- relativno složena sinhronizacija,
- problem blizu-daleko.

Ovaj rad je posvećen analizi uticaja ometačkih signala na prijem signala sa PS-DS. Generalno, ometački signali mogu se podeliti na kontinualne, impulsne i repetitivne.

Kontinualni ometači neprestano emituju ometački signal, impulsni rade na principu uključivanja i isključivanja ometačkog signala, a repetitivni ometači najpre detektuju signal koji će ometati, zatim ga obrade, pojačaju, pa ponovo emituju kao ometački signal.

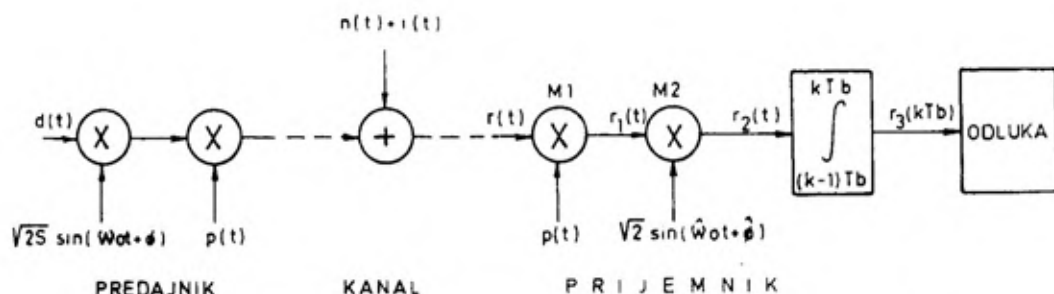
U ovom radu će se analizirati uticaj različitih tipova kontinualnih ometačkih signala na prijem signala sa PS-DS.

Model radio-sistema sa PS-DS

Analiza uticaja različitih tipova kontinualnih ometačkih signala na prijem radio-signala sa PS-DS biće izvršena u slučaju radio-sistema sa dvonijskom faznom modulacijom i koherentnim prijemnikom koji je prikazan na sl. 1.

Signal na ulazu PS-DS prijemnika može se prikazati sledećim izrazom:

$$r(t) = \sqrt{2S} d(t) p(t) \sin(2\pi f_0 t + \Phi) + n(t) + i(t), \quad (1)$$



Sl. 1 — PS—DS radio sistem sa dvonivoskom faznom modulacijom i koherentnim prijemnikom

gde je:

- S — snaga korisnog signala;
 $d(t)$ — informacioni signal $< \pm 1 >$;
 $p(t)$ — pseudoslučajna sekvenca $< \pm 1 >$;
 F_0 — učestanost nosioca;
 Φ — slučajna faza nosioca;
 $n(t)$ — beli Gausov šum;
 $i(t)$ — ometački signal.

Trajanje simbola informacionog signala je T_b , a trajanje simbola pseudoslučajne (PS) sekvence je T_c , pri čemu količnik $\eta = T_b/T_c$, koji se naziva faktor proširenja, zadovoljava uslov $\eta \gg 1$.

Pod pretpostavkom da je sinhronizacija PS sekvenci savršena, a imajući u vidu da je $p(t)p(t) = 1$, signal na ulazu u drugi množak može se prikazati izrazom:

$$r_1(t) = \sqrt{2S} d(t) \sin(2\pi F_0 t + \Phi) + n(t) p(t) + i(t) p(t). \quad (2)$$

Množenjem sa $p(t)$ energija ometačkog signala je raširena preko opsega koji je najmanje jednak B_{ds} , pri čemu je $B_{ds} = 2/T_c$. Pod pretpostavkom da je sinhronizacija nosioca savršena ($\hat{F}_0 = F_0$, $\hat{\Phi} = \Phi$), signal na ulazu integratora može se opisati relacijom:

$$r_2(t) = 1/2 \sqrt{2S} d(t) [1 + \sin(4\pi F_0 t + 2\Phi)] + n(t) p(t) \sin(2\pi F_0 t + \Phi) + i(t) p(t) \sin(2\pi F_0 t + \Phi), \quad (3)$$

Pod pretpostavkom da je bitska sinhronizacija savršena, kao i da je ispunjen uslov $F_0 \gg 1/T_c \gg 1/T_b$, signal na izlazu integratora u trenutku kT_b , $k = 1, 2, \dots$, može se prikazati relacijom:

$$r_3(kT_b) = 1/2 \sqrt{2S} d(t) T_b + R_n + R_i. \quad (4)$$

gde je:

$$R_n = \int_{(k-1)T_b}^{kT_b} n(t) p(t) \sin(2\pi F_0 t + \Phi) dt,$$

$$R_i = \int_{(k-1)T_b}^{kT_b} i(t) p(t) \sin(2\pi F_0 t + \Phi) dt. \quad (5)$$

Analiza i rezultati

Odnos signal/šum (S/N) na izlazu integratora može se opisati relacijom:

$$S/N = \frac{E^2[r_3(kT_b)]}{\text{VAR}[r_3(kT_b)]}, \quad (6)$$

gde su sa E i VAR označeni matematičko očekivanje i varijansa, respektivno.

Pod pretpostavkom da je $i(t)$ stacionaran slučajni signal nezavisan od $p(t)$ i Φ , pri čemu je njegova srednja vrednost jednaka nuli, matematičko očekivanje od $r_3(kT_b)$ je:

$$E[r_3(t)] = 1/2 \sqrt{2S} d(t) T_b. \quad (7)$$

Varijansa od $r_3(t)$ jednaka je zbiru varijansi R_n i R_i ,

$$\text{VAR}[r_3(t)] = \text{VAR}(R_n) + \text{VAR}(R_i). \quad (8)$$

Ukoliko sa N_0 označimo jednostranu spektralnu gustinu snage šuma, onda je:

$$\text{VAR}(R_n) = N_0 T_b. \quad (9)$$

Verovatnoća greške na izlazu prijemnika sa PS-DS može se odrediti na osnovu relacije:

$$P_b = Q \left[\sqrt{\frac{E_b T_b}{N_0 T_b + \text{VAR}(R_i)}} \right] \quad (10)$$

gde je sa Q označena Gausova funkcija greške definisana relacijom:

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (11)$$

pri čemu je $E_b = \frac{ST_b}{2}$ energija jednog bita.

Na osnovu relacija (6), (8) i (10) možemo zaključiti da odnos S/N , odnosno verovatnoća greške, na izlazu PS-DS prijemnika direktno zavise od $\text{VAR}(R_i)$. Zbog toga ćemo u narednim razmatranjima izvršiti analizu ove veličine.

Označimo sa I snagu ometačkog signala i pretpostavimo da ovaj signal posle množenja sa $p(t)$ ima ravan spektar unutar opsega B_{ds} . Tada je spektralna snaga ometačkog signala na ulazu u drugi množak:

$$S_i(f) = \begin{cases} \frac{I}{B_{ds}}, & |f - F_i| < \frac{B_{ds}}{2} \\ 0, & \text{drugde,} \end{cases} \quad (12)$$

pri čemu je sa F_i označena centralna učestanost u spektru ometačkog signala.

Imajući to u vidu, dobijamo:

$$\text{VAR}(R_i) = K_i \frac{I}{B_{ds}} T_b, \quad (13)$$

gde je sa K_i označen koeficijent efikasnosti ometačkog signala (KEOS) koji izražava uticaj širine spektra ometačkog signala i relativnog položaja ometačkog signala u spektru PS-DS signala, na odnos S/N na izlazu PS-DS prijemnika.

Imajući u vidu da je $B_{ds} = 2/T_c$, relacija (13) postaje:

$$\text{VAR}(R_i) = K_i \frac{I}{2\eta} T_b^2. \quad (14)$$

Na osnovu relacije (14) zaključujemo da pri $T_b = \text{const}$, $\text{VAR}(R_i)$ raste sa porastom snage ometačkog signala, a opada sa porastom faktora proširenja. Drugim rečima, povećanje faktora proširenja je efikasan način borbe protiv ometačkih signala kada je I fiksno. Ukoliko I raste proporcionalno sa η , povećanje faktora proširenja nije efikasno.

Ostaje nam da analiziramo uticaj KEOS na $\text{VAR}(R_i)$. KEOS se približno može izraziti relacijom [1]:

$$K_i = \frac{1}{B_{ds}} \int_{F_i - B_{ds}/2}^{F_i + B_{ds}/2} \text{sinc}^2[(F_0 - f)T_c] df, \quad (15)$$

gde je:

$$\text{sinc}(x) = \frac{\sin(\pi x)}{x}. \quad (16)$$

S obzirom na to da je $\text{sinc}(x) < 1$, primećujemo da mora biti $K_i < 1$.

Pretpostavimo da je $i(t)$ oblika:

$$i(t) = \sqrt{2I} q(t) \sin(2\pi F_i t + \beta), \quad (17)$$

gde je $q(t)$ stacionarni signal jedinične snage, F_i — učestanost nosioca ometačkog signala, a β — slučajna faza.

U zavisnosti od oblika $q(t)$ razlikujemo dva slučaja.

Prvi slučaj: $i(t)$ je sinusoidalni ometački signal $q(t)=1$. Može se pokazati da je tada:

$$K_i = \text{sinc}^2 \left[\frac{2(F_i - F_o)}{B_{ds}} \right] \quad (18)$$

Kada je sinusoidalni ometački signal na centralnoj učestanosti spektra prenošenog PS-DS signala, $F_i = F_o$, imamo:

$$K_i = 1 \quad (19)$$

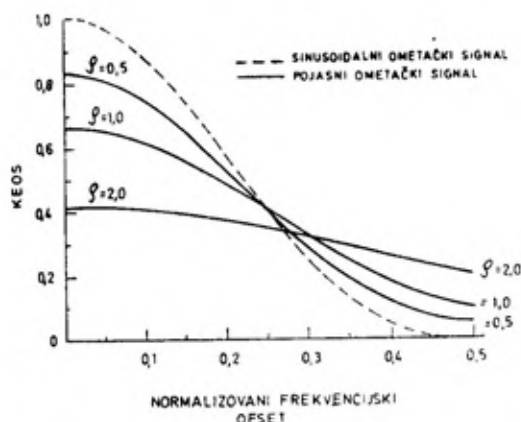
Drugi slučaj: $i(t)$ je pojasni ometački signal širine B_i $q(t)$ je slučajni signal širine $B_i/2$, nezavisno od $p(t)$.

Da bismo ispitali uticaj položaja pojasnog ometačkog signala i njegove širine spektra B_i na KEOS, uvedimo sledeće oznake:

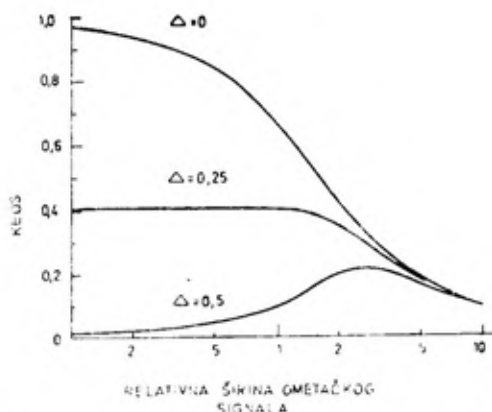
$$\Delta = \frac{F_i - F_o}{B_{ds}} \text{ normalizovani frekven-} \\ \text{cijski ofset;}$$

$$\rho = \frac{B_i}{B_{ds}} \text{ relativna širina ometač-} \\ \text{kog signala u odnosu na} \\ \text{PS-DS signal.}$$

Na slikama 2 i 3 prikazana je zavisnosti KEOS u funkciji Δ i ρ .



Sl. 2 — KEOS u funkciji normalizovanog frekvencijskog ofseta



Sl. 3 — KEOS u funkciji relativne širine ometačkog signala

Na osnovu slike 2 zaključujemo da KEOS opada sa porastom frekvencijskog ofseta centralnih frekvencija ometačkog i korisnog signala sa PS-DS, nezavisno od relativne širine ometačkog signala.

Sa slike 3 se vidi da KEOS opada sa porastom relativne širine ometačkog signala, ukoliko je $\Delta < 0,25$. Ukoliko je $\Delta > 0,25$, KEOS najpre raste, a zatim opada sa porastom ρ , pri čemu se maksimalna vrednost dobija za $\rho > 1,5$. Sa porastom Δ , maksimalna vrednost KEOS se pomera prema višim vrednostima ρ . Pri tome treba naglasiti da se maksimalna vrednost KEOS u apsolutnom iznosu dobija kada je $\Delta = 0$.

Ukoliko je prisutno M ometačkih signala, ($M > 1$), linearnost demodulacije omogućava izračunavanje ukupnog KEOS na sledeći način:

$$K_i = \frac{1}{I_{uk}} \sum_{m=1}^M K_{im} I_m \quad (20)$$

gde je I_{uk} ukupna snaga svih ometačkih signala, I_m je snaga m -tog ometačkog signala, a K_{im} — odgovarajući KEOS.

Zaključak

U ovom radu analiziran je uticaj različitih tipova kontinualnih ometač-

kih signala na prijem korisnog signala sa PS-DS. Rezultati analize pokazuju da uticaj ometačkog signala fiksne snage na izlaz PS-DS prijemnika opada:

— sa porastom faktora proširenja PS-DS sistema;

— sa porastom širine spektra ometačkog signala;

— sa udaljavanjem centralne frekvencije ometačkog signala od centralne frekvencije korisnog signala sa PS-DS.

Prema tome, sa aspekta efikasnosti PS-DS radio-sistema treba odabrati što veći faktor proširenja. Pri tome, treba imati u vidu ograničenja karakteristikama prenosnog medijuma. S druge strane, sa aspekta generisanja optimalnog ometačkog signala treba odabrati ometački signal što manje širine spektra, pri čemu njegova centralna frekvencija treba da bude što bliže centralnoj frekvenciji prenošenog signala sa PS-DS.

Literatura:

- [1] D. J., Torrieri: Principles of Military Communication Systems, Artech House, Dedham, 1981.
- [2] M. K., Simon et al: Spread Spectrum Communications, Computer Science Press, Rockville, 1983.
- [3] J. K., Holmes: Coherent Spread Spectrum Systems, John Wiley, New York, 1982.
- [4] G. R., Cooper i C. D., Mc Gillem: Modern Communications and Spread Spectrum, McGraw-Hill, New York, 1986.
- [5] S. G., Glisic: Prenos Signala sa Ekspandovanim Spektrom, UV GS JNA, Beograd, 1981.
- [6] B. M., Todorović: Radio-uređaj za prenos u prošinom spektru, II prerađeno i dopunjeno izdanje, VTH, Podaci o naoružanju, God. XI, Sveska 86, 1987. (interno).
- [7] R. A., Scholtz: The Spread Spectrum Concept, IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-25, No. 8, August 1977, str. 748—755.
- [8] R. L., Pickholtz, D. L., Schilling i L. B., Milstein: Theory of Spread Spectrum Communications — Tutorial, IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-30, No. 5, May 1982, str. 855—883.
- [9] M. P., Ristenbat i J. L., Daws, Jr.: Performance Criteria for Spread Spectrum Communications, IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-25, No. 8, August 1977, str. 756—763.
- [10] P. F., Sass: Why is the Army Interested in Spread Spectrum, IEEE Communications Magazine, Vol. 21, No. 4, July 1983, str. 23—25.
- [11] E. W., Siess i C. L., Weber: Acquisition of Direct Sequence Signals with Modulation and Jamming, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. SAC-4, No. 2, March 1986, str. 254—272.
- [12] C. E., Cook: Modeling Interference Effects for Land-Mobile and Air-Mobile Communications, IEEE Trans. on Commun., Vol. COM-35, No. 2, February 1987, str. 151—163.

Dr Dragutin Jovanović,
ppuk, dipl. inž.
Dr Miloš Ivić,
dipl. inž.

BEZBEDNOST PREVOŽENJA KAO KRITERIJUM OPTIMIZACIJE ORGANIZOVANJA ŽELEZNIČKOG SAOBRAĆAJA

Uvod

Železnica, kao privredna grana, svoju delatnost obavlja raznovrsnim i složenim tehničkim sredstvima. Osnovni zadatak — prevoženje putnika i tereta nastoji da se obavlja uz pravilan prihvata, utovar, smeštaj, istovar i bezbednu vožnju. Bezbednost prevoženja predstavlja stalnu brigu celokupne železničke organizacije i korisnika železničkih usluga.

Prevoženja železnicom za potrebe VJ, obično u vanrednim uslovima, odlikuju se mnoštvom ljudstva (putnika) i masovnošću tereta (raznovrsnih MTS), kao i nizom drugih specifičnosti vezanih za tehnološki proces železničkog saobraćaja. Sve to, na određeni način, utiče na bezbednost prevoženja, što postaje vrlo značajan kriterijum organizovanja železničkog saobraćaja.

Radi sveobuhvatnijeg sagledavanja procesa organizovanja železničkog saobraćaja i višekriterijumskog izbora optimalnog načina u složenim uslovima, u radu se bezbednost razmatra kao jedan od kriterijuma organizovanja i daje mogući matematički model za njegovo određivanje.

Karakteristike kriterijuma bezbednosti prevoženja

Bezbednost odvijanja železničkog saobraćaja pri prevoženju masovnih

tokova tereta u vanrednim uslovima predstavlja značajan kriterijum organizovanja saobraćaja. To je, ujedno, jedan od značajnijih elemenata kvaliteta železničke saobraćajno-transportne usluge u posmatranim uslovima.

Za potrebe razmatranja bezbednosti železničkog saobraćaja u uslovima prevoženja masovnih tokova tereta potrebno je istaći određene specifičnosti, kao što su:

- kretanje vozova relativno velike mase kao samostalnih saobraćajno-transportnih jedinica,

- kretanje vozova relativno velikim brzinama i postojanje relativno velike kinetičke energije potencijalno opasnog dejstva;

- prevoženje velikog broja ljudi u jednom vozu (kod putničkih vozova), što ponekad odgovara veličini malog naselja;

- učešće tehničkih sredstava i tereta velike vrednosti u procesu prevoženja;

- sleđenje vozova u kraćim vremenskim intervalima i u kraćim prostornim razmacima;

- istovremeno korišćenje jednokolosečne pruge za saobraćaj vozova u oba smera, što dovodi do većeg broja ukrštanja i preticanja;

- veoma često ograničeno vreme prevoženja masovnih tokova tereta, a

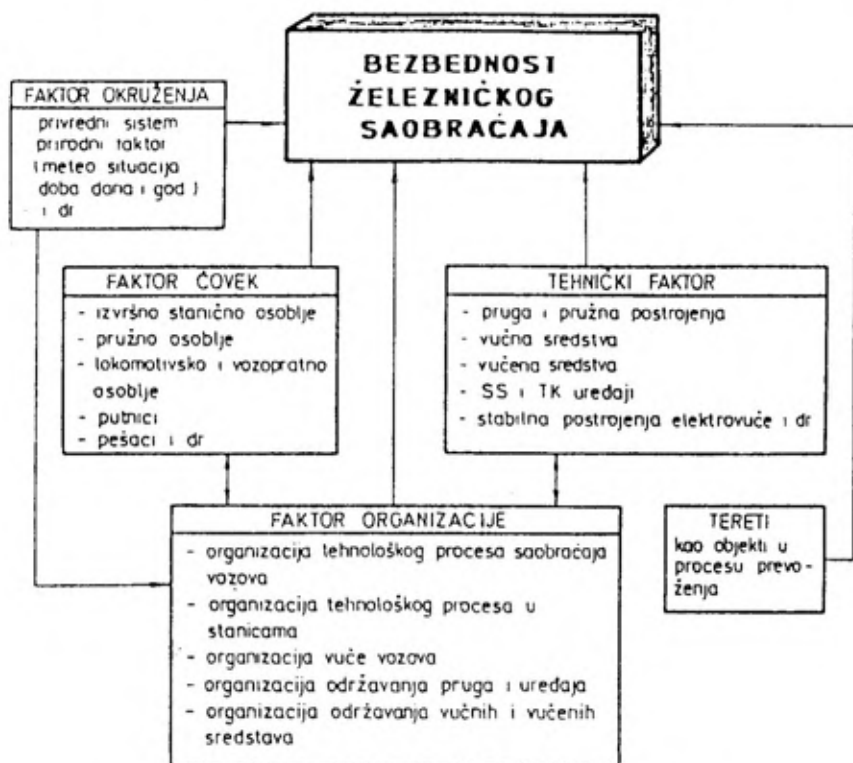
time stvaranje potrebe za primenom raznih načina organizovanja železničkog saobraćaja, i dr.

Bezbednost odvijanja železničkog saobraćaja zavisi od većeg broja faktora. Osnovni faktori bezbednosti železničkog saobraćaja (sl. 1), jesu ljudi (ljudski faktor), tehnička sredstva (tehnički faktor), organizacija železničkog saobraćaja (organizacioni faktor), tereti sa svojim karakteristikama, odnosno struktura prevoza (faktor prevoza) i okruženje.

Tehnički faktor svoj uticaj na bezbednost ispoljava preko raznih tehničkih sredstava i sistema, kao što su: pruga, pružna postrojenja, kolosečna postrojenja, vučna vozila, signalno-sigurnosni i telekomunikacioni uređaji, stabilna postrojenja elektrovuče, i sl. Pruga, pružna i kolosečna postrojenja ugrožavaju bezbednost odvijanja želez-

ničkog saobraćaja ukoliko dođe do pucaanja šina, promena na kolosečnom zastoru, istrošenosti kolosečnog pribora, deformacije pragova, promene razmaka šina, neispravnosti uređaja za sprečavanje putovanja šina, neispravnosti skretnica i sl. Vučna i vučena sredstva utiču na bezbednost saobraćaja svojim eventualnim neispravnostima. Najčešće neispravnosti vučnih sredstava i uređaja za njihov pogon nastaju na osovinskom sklopu, u sistemu za kočenje, na vučno-odbojnom uređaju, na pogonskom i pomoćnom uređaju dizel i elektrovozila, i sl. Kod vučnih sredstava neispravnosti se javljaju, uglavnom, na osovinskom sklopu, vučno-odbojnom uređaju i sistemu za kočenje.

Signalno-sigurnosni i telekomunikacioni uređaji samom prirodom i svrhom svog postojanja direktno utiču na nivo bezbednosti železničkog saobraća-



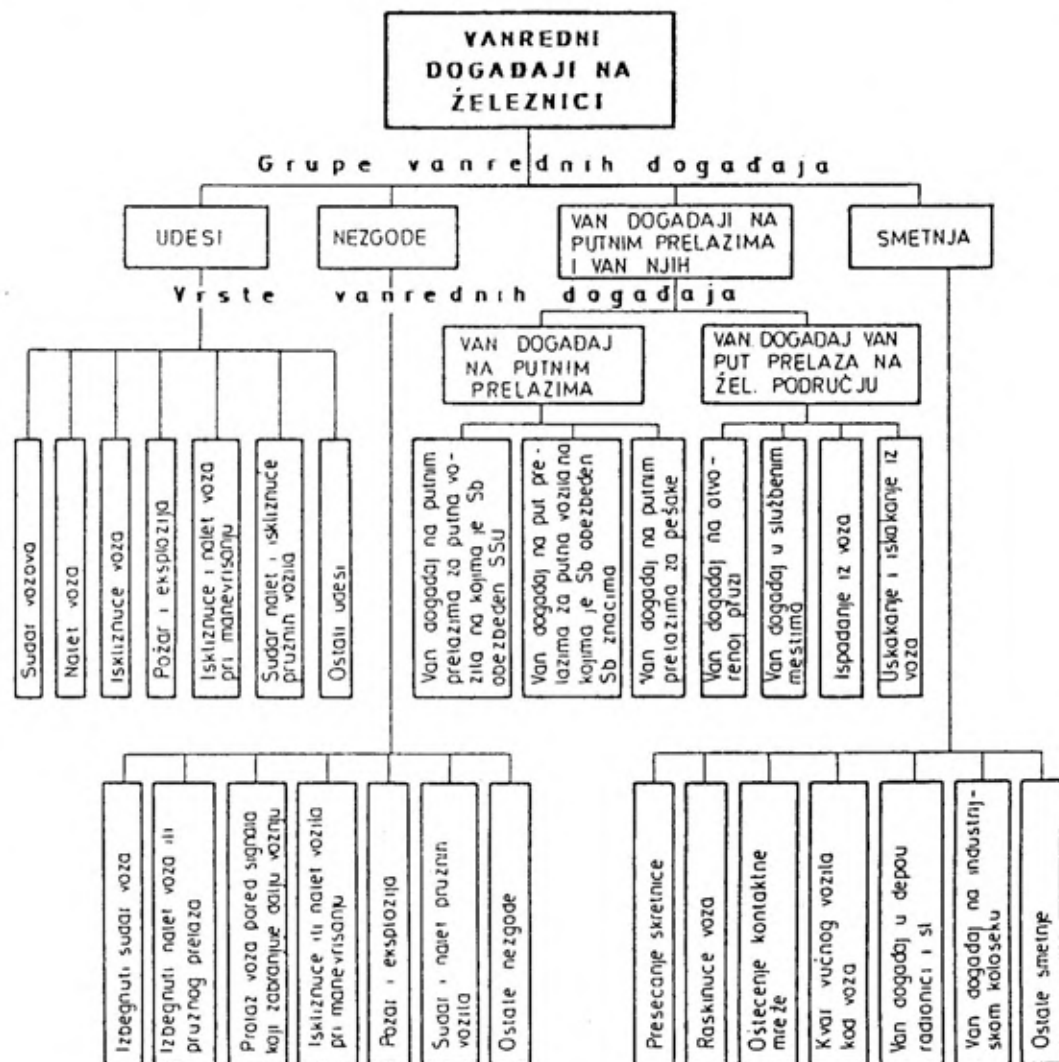
Sl. 1 — Faktori bezbednosti železničkog saobraćaja

ja. Posebno su uticajni, s aspekta bezbednosti, stanični SS i TK uređaji, prostorni signali, SS i TK uređaji na putnim prelazima.

Stabilna postrojenja elektrovođe ispoljavaju uticaj na bezbednost železničkog saobraćaja preko neispravnosti na kontaktnoj mreži u vidu njenog mehaničkog oštećenja, nestanka napona, kvara u elektrovođenim podstanicama i postrojenjima za sekcionisanje, i dr. Bezbednost železničkog saobraćaja za-

visi od osnovnih tehničkih karakteristika koje su zavisne od konstruktivnih rešenja, pouzdanosti, kvaliteta proizvodnje, stanja ispravnosti, kvaliteta održavanja, opremljenosti i dr.

Da bi se uočio uticaj bilo kojeg od navedenih faktora na bezbednost železničkog saobraćaja, neophodno je, za jedan duži period, sagledati vanredne događaje na železnici, njihove uzroke i posledice.



Sl. 2 — Klasifikacija vanrednih događaja na železnici

Pod vanrednim događajem na železnici podrazumeva se svaki događaj koji je imao najmanje jednu od sledećih posledica: smrt, težu telesnu ozledu ili ugrožavanje života lica, materijalnu štetu, prekid saobraćaja vozova, ugrožavanje ili otežavanje odvijanja saobraćaja. Prema mestu, uzrocima nastanka i posledicama koje su prouzrokovali, ili su mogli prouzrokovati, dele se na četiri grupe. To su: udesi, nezgode, vanredni događaji na putnim prelazima i smetnje [1], (sl. 2).

Udes je vanredni događaj na železnici, koji ima za posledicu: smrt ili težu ozledu lica, veliku materijalnu štetu ili veći prekid saobraćaja.

Nezgoda je vanredni događaj na železnici koji za posledicu ima: ugrožavanje železničkog saobraćaja, materijalnu štetu ili prekid saobraćaja.

Vanredni događaj na putnom prelazu ili van njega na železničkom području je događaj koji nastaje usled nedozvoljenog i neopreznog kretanja lica, putnih vozila i krupne stoke na putnim prelazima, zatim ispadanje, uskakanje i iskakanje iz voza, pad putnih vozila na prugu, i dr. Posledice ovih vanrednih događaja obično su: usmrćenje, teže telesne ozlede, prekid saobraćaja i materijalna šteta.

Smetnja je vanredni događaj koji ima za posledicu prekid saobraćaja, njegovo otežavanje ili materijalnu štetu, ali koji nije ugrozio bezbednost železničkog saobraćaja. Pregled broja vanrednih događaja po vrstama i uzrocima, nastalih u razdoblju od 1980. do 1987. godine (tabela 1), govori da znaatan broj vanrednih događaja na želez-

Tabela 1.

Pregled vanrednih događaja po vrstama i uzrocima

Vrsta vanred. događaja, vrsta uzorka	Godina							
	1980.	1981.	1982.	1983.	1984.	1985.	1986.	1987.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Udesi	384	386	304	278	306	327	278	220
Nezgode	1883	1861	1901	1991	1884	1819	1710	1672
Vanredni događaji na putnim prelazima	530	512	508	471	476	517	571	470
Vanredni događaji izvan putnih prelaza	389	505	580	602	617	610	554	589
Smetnje	6716	6938	6600	6713	6857	8486	8681	
Ukupno	10043	10249	9959	10075	10184	11805	11794	
Lični propusti pri vršenju žel. službe	2483	2571	2469	2710	2675	2561	2298	
Tehnički uzroci	5871	5801	5756	5694	5698	7409	7569	
Viša sila	142	162	113	112	152	169	180	
Nepažnja putnika i trećih lica	1547	1715	1621	1559	1659	1666	1747	

nici nastaje usled određenih tehničkih uzroka.

Vanredni događaji u toku odvijanja železničkog saobraćaja, koji imaju teže posledice (svi vanredni događaji izuzev smetnji), jednim delom su uzrokovani tehničkim nedostacima (tabela 2).

Tabela 2.

Pregled učešća vanrednih događaja (bez smetnji) s uzrokom tehničkih nedostataka u ukupnom broju vanrednih događaja na JZ (prostor bivše SFRJ)

Go- dina	Ukupan broj vanrednih događaja bez stemtnji u železnič. saobraćaju	Broj vanred- nih događaja bez smetnji nastalih us- led tehn. ne- dost.	%
1	2	3	4
1983.	3342	445	13,31
1984.	3283	357	10,8
1985.	3273	431	13,6
1986.	3113	397	12,7
1987.	2953	301	10,2

Tehnička sredstva i sistemi, posmatrani pojedinačno, imaju različit udeo u nastanku vanrednih događaja. U tabeli 3. prezentirani su podaci za samo dve godine, odakle se vidi da je u 1986. godini od svih vanrednih događaja 64,2% nastalo usled određenih tehničkih nedostataka, i to na sledećim tehničkim sistemima i sredstvima: vučnim vozilima, ostalim vozilima, prugama, stabilnim postrojenjima elektrovođe, signalno-sigurnosnim i telekomunikacionim postrojenjima, i dr.

Organizacioni faktor svoj uticaj na bezbednost železničkog saobraćaja ispoljava preko svih pet osnovnih delatnosti na železnici. Posebno značajan uticaj na bezbednost železničkog saobraćaja ispoljava red vožnje kao tehničko-tehnološki dokument.

Svaki od analiziranog skupa mogućih načina organizovanja železničkog saobraćaja, u uslovima masovnih prevoženja, predstavlja, u suštini, tehničko-tehnološki dokument kojim se stva-

Tabela 3.

Pregled broja i uzroka vanrednih događaja nastalih usled tehničkih nedostataka u 1985. i 1986. godini

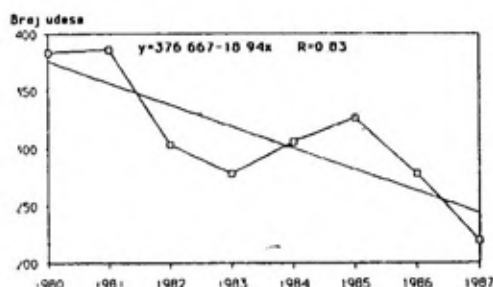
Vrsta tehničkog uzorka	Broj vanred. događaja nastalih usled tehničkih nedostataka na JZ		Učešće u ukupnom broju vanred. događaja na JZ u 1986. godini %
	1985.	1986.	
1	2	3	4
Vučna vozila	5930	6267	53,1
Ostala vozila	523	510	4,3
Pruga	600	436	4,1
SS i TK postroj.	151	124	1,1
Stabilna postrojenja elektrovođe	205	182	1,6
Ukupno	7409	7569	64,2

ra deo organizacije saobraćaja. Takvi oblici organizovanja železničkog saobraćaja preko svojih pojedinih elemenata, kao što su intervali sleđenja (vrsta — način i vrednost), intervali ukrštanja ili organizacija vuče utiču na bezbednost saobraćaja. Svaki način organizovanja železničkog saobraćaja, odnosno svako kretanje vozova, nosi određeni stepen opasnosti od ugrožavanja sopstvenog kretanja i kretanja drugih vozova, pogotovo što se saobraćaj odvija na jednokolosečnoj pruzi.

Ukrštanje na jednokolosečnoj pruzi, po pravilu, nosi sa sobom potencijalnu opasnost po učesnike u saobraćaju, a vanredni događaji, koji tom prilikom nastaju, imaju veoma teške posledice. Za bezbednije obavljanje radnje ukrštanja izgrađuju se posebna postrojenja na kolosečnom putu (stanice i ukrsnice). Po pravilu, za vreme ukrštanja u tim mestima obavljaju se i druga kretanja, koja se vremenski mogu podudariti sa saobraćajem voza. Mogu-

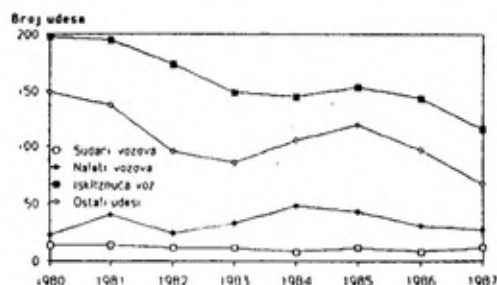
ća podudaranja izbegavaju se odgovarajućom organizacijom i tehničkim sredstvima.

Znatna broj udesa na železnici nastaje usled kolizije dva ili više istovremenih kretanja. Tako nastaju sudari (kada se vozovi kreću istovremeno po istom koloseku u suprotnim smerovima), naleti (kada se vozovi kreću po istom koloseku i u istom smeru, a različitim brzinama). Bočno ugrožavanje može se pojaviti na skretnici ili ukrštaju, dok se iskliznuće može pojaviti usled neprilagođene brzine u krivini pruge, na mestima oštećenja ili loma šine i na skretnici. Udesi nastali opisanima načinima učestvuju u ukupnom broju svih vanrednih događaja na železnici sa 3,8% u 1980. godini, do 2,35% u 1986. godini. Trend promene broja udesa na železnici (sl. 3), ukazuje na određeni tempo pada.



Sl. 3 — Trend promene broja udesa na JZ

U strukturi udesa najveće učešće imaju iskliznuća vozova, potom naleti i, na kraju, sudari (tabela 4).



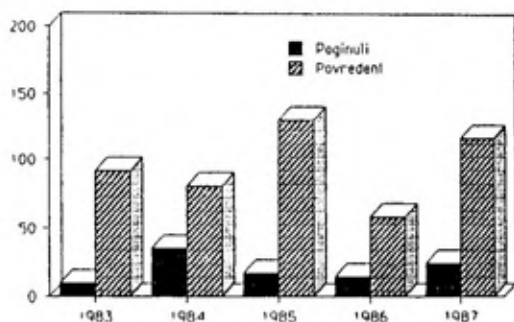
Sl. 4 — Struktura udesa na JZ

Tabela 4.
Pregled strukture udesa

Godina	Broj udesa pri vršenju železn. saobrać.	Struktura udesa			
		sudar vozova	nalet vozova	iskliznuće vozova	ostali udesi
1	2	3	4	5	6
1980.	384	14	23	198	149
1981.	386	14	40	195	137
1982.	304	11	24	173	96
1983.	278	11	33	149	85
1984.	306	7	48	145	106
1985.	327	11	43	153	120
1986.	278	7	30	144	97
1987.	220	11	26	116	67
Ukupno	2870	101	293	1457	1019

Iskliznuća vozova, koja su u strukturi udesa najčešća, imaju određeni tempo pada (sl. 4). Naleti i sudari vozova u posmatranom vremenskom periodu imaju dosta stabilno kretanje, ne ispoljavaju izraženiji tempo pada niti rasta.

Posledice ovih udesa u posmatranom periodu su veoma teške: povrede 82,3% (478 lica) i pogibija 17,7% (103 lica) (sl. 5).



Sl. 5. — Nastradala lica u udesima na JZ

Bezbednost železničkog saobraćaja u znatnoj meri zavisi od čoveka kao elementarnog faktora celokupnog procesa organizacije, regulisanja, kontrole i odvijanja železničkog saobraćaja. U

tom celokupnom procesu učestvuju različite kategorije ljudi, od železničkog osoblja (izvršno stanično, pružno, manevarsko lokomotivsko i vozopravno), putnika, kao predmeta prevoženja, do pešaka. Svaka od navedenih kategorija različito utiče na bezbednost železničkog saobraćaja. Analize vanrednih događaja (uđesa i nezgoda) u železničkom saobraćaju u 1987. godini pokazuju da je čovek uzrok vanrednih događaja u 86,9% slučajeva. Lični propusti železničkog osoblja uzrok su vanrednih događaja u 49,4% slučajeva, dok je u 37,5% slučajeva uzrok nepažnja putnika i trećih lica [2, 3].

Udesi u železničkom saobraćaju jednim delom nastaju zbog propusta železničkog osoblja (sudari, i naleti vozova), a jednim delom (iskliznuća) zbog tehničkih nedostataka, kao što su: neispravnosti na kočionom uređaju, osovinskom sklopu, vučno-odbojnom uređaju, naprslući šine, neispravnosti na skretnicama, i dr. Prema podacima datim u [3] udesi nastali u 1986. godini uzrokovani su:

- ličnim propustima železničkog osoblja u 37% slučajeva;

- nepažnjom putnika i trećih lica u 4,7% slučajeva;

- nepovoljnim stanjem tehničkih sredstava u 50% slučajeva,

- elementarnim nepogodama u 8,3% slučajeva.

Najčešći propusti železničkih radnika su:

- propuštanje voza pored signala koji zabranjuje dalju vožnju;

- jednovremeni ulazak vozova čiji se putevi seku ili dodiruju;

- nezaustavljanje voza u stanici u kojoj mora stati;

- puštanje voza na zauzeti kolosek;

- nepravilno postavljanje skretnica;

- prekoračenje propisane brzine i nepropisano kočenje;

- nepažnja pri manevrisanju i neblagovremena obustava manevra pred očekivani voz;

- nedovoljna zaštita voza ili ugroženog mesta;

- neobaveštenost voznog osoblja o ulasku voza u skretanje ili na zauzeti kolosek;

- otpremanje voza bez primljenog dopuštenja iz stanice;

- nedozvoljeno manevrisanje preko granice manevrisanja;

- odbegla vozila;

- neblagovremeno prekidanje putnog saobraćaja na putnim prelazima;

- nepoštivanje propisa o održavanju i kontroli tehničke ispravnosti vozila i drugih tehničkih sredstava, i dr.

Priroda navedenih propusta ukazuje na to da stručno znanje železničkog osoblja mora pratiti razvoj i modernizaciju železnice, odnosno njenu automatizaciju izraženu kroz uvođenje novih tehničkih sistema.

Brojna istraživanja i analize govore da na propuste i greške železničkog osoblja u železničkom saobraćaju utiču:

- psihofizičko stanje radnika, posebno mašinovođe;

- sposobnosti;

- tehnička kultura;

- životni i radni uslovi;

- motivisanost za izvršavanje osnovnih delatnosti, i dr.

Definisanje modela za određivanje bezbednosti prevoženja

Za optimalizaciju organizacije železničkog saobraćaja, pri prevoženju masovnih tokova tereta, prema kriterijumu bezbednosti odvijanja saobraćaja, treba pronaći one uticajne elemente koji kod različitih varijanata poprimaju različite vrednosti. Analiza faktora bezbednosti ukazuje na to da se po-

jedine varijante organizovanja železničkog saobraćaja po pitanju učešća i uticaja pojedinih faktora razlikuju, a to znači da se mogu upoređivati i rangirati, prema količini — broju kolizionih tačaka.

Do kolizije među vozovima dolazi zbog višestrukog korišćenja jednokolosečne pruge, jer se vozovi kreću u tovarenom i netovarenom smeru, bilo da se radi o namenskom odvijanju železničkog saobraćaja za potrebe VJ, bilo o odvijanju redovnog saobraćaja prema definisanom redu vožnje.

Prilikom odvijanja železničkog saobraćaja na jednokolosečnoj pruzi kolizija predstavlja ukrštanje dva voza. Ono se obavlja u stanicama ili drugim, za tu priliku određenim, službenim mestima.

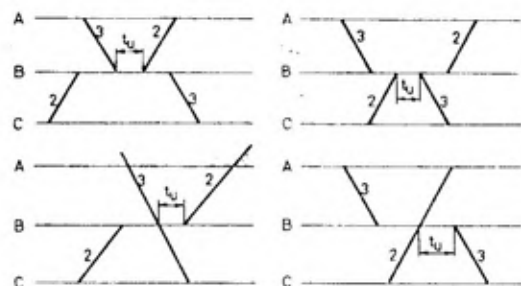
Prema tome, bezbednost odvijanja železničkog saobraćaja pri određenoj varijanti organizovanja može se odrediti izrazom:

$$B_{pr} = \frac{10^3}{K_{uk}} \quad (1)$$

gde je:

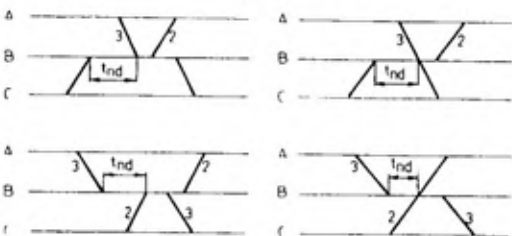
K_{uk} — broj ukrštanja koji se odnosi na jedan par vozova.

Iz izraza se vidi da je B_{pr} obrnuto proporcionalna broju ukrštanja. Na bezbednost odvijanja železničkog saobraćaja svakako utiče i vrednost staničnog intervala ukrštanja (sl. 6) i vrednost



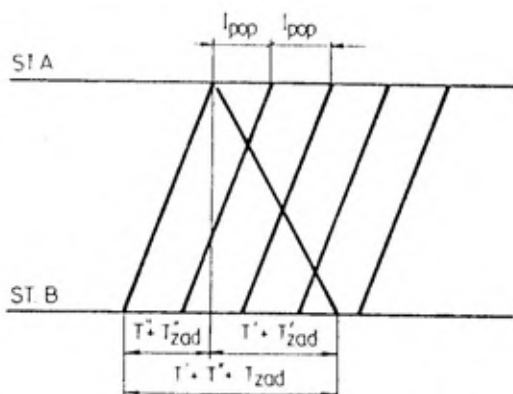
Sl. 6 — Stanični interval ukrštenja

staničnog intervala nejednovremenog dolaska vozova u stanicu (sl. 7). Stanični intervali, koji, u suštini, predstavljaju svojevrstne tehnološke vremenske norme, utvrđeni su za svaku stanicu. Po vrednosti bitno se ne razlikuju kod različitih varijanata organizovanja železničkog saobraćaja, pa je za upoređivanje varijanata dovoljna vrednost broja ukrštanja vozova.



Sl. 7 — Stanični interval nejednovremenog dolaska vozova u stanicu

Ukoliko se na pruzi odvija samo saobraćaj vozova za potrebe VJ (bez odvijanja »civilnog« saobraćaja), tada se svi vozovi tretiraju kao teretni, bez obzira na to da li prevoze ljudstvo ili ne. U tom slučaju dolazi do ukrštanja teretnih vozova suprotnih smerova (sl. 8).



Sl. 8 — Ukrštavanje teretnog voza netovarenog smeru s vozovima tovarnog smeru

Tada je broj ukrštanja jednak broju ukrštanja teretnih vozova među so-

bom koji se odnosi na jedan par vozova i može se izraziti [4]:

$$K_{uk} = K_{uk}^t = \frac{T' + T'' + T_{zad}}{I_t} - \Delta K \quad (2)$$

gde je:

T' i T'' — čisto vreme vožnje jednog para vozova na deonici [min],

T_{zad} — vreme zadržavanja vozova, kao i gubici na ubrzanje i zaustavljanje koje se odnosi na jedan par vozova [min],

I_t — interval između vozova jednog smera [min],

ΔK — korekcije uslovljene odnosom $(T' + T'' + T_{zad}) : I_t$ ima vrednost od 0 ÷ 1.

Kako je interval sleđenja vozova jednog smera:

$$I_t = \frac{1440}{N_v} \quad (3)$$

to zamenom izraza (3) u izraz (2) dobija se konačan izraz za određivanje broja ukrštavanja:

$$K_{uk}^t = \frac{(T' + T'' + T_{zad}) N_v}{1440} - \Delta K \quad (4)$$

Ukoliko se javlja potreba za istovremenim odvijanjem i ostalog saobra-

$$K_{uk}^p = \frac{(T' + T'' + T'_{zad} + T''_{zad} + T'_p + T''_p) N_t}{1440} - 2\Delta K \quad (7)$$

ćaja za potrebe društva i privrede, tada se ukupan broj ukrštavanja mora uvećati za broj ukrštavanja teretnih vozova (vozova koji obavljaju prevoženje za potrebe VJ) s putničkim vozovima:

$$K_{uk} = K_{uk}^t + K_{uk}^p \quad (5)$$

gde je:

K_{uk}^p — broj ukrštavanja teretnih s jednim parom putničkih vozova.

Kako se istovremeno odvija kretanje putničkih i teretnih vozova, odnosno vozova različitih brzina, mora se odrediti broj preticanja teretnih vozova putničkim koji se odnosi na jedan par teretnih vozova.

$$K_{pret} = K_{pret}^p \cdot \frac{N_p}{N_t} \quad (6)$$

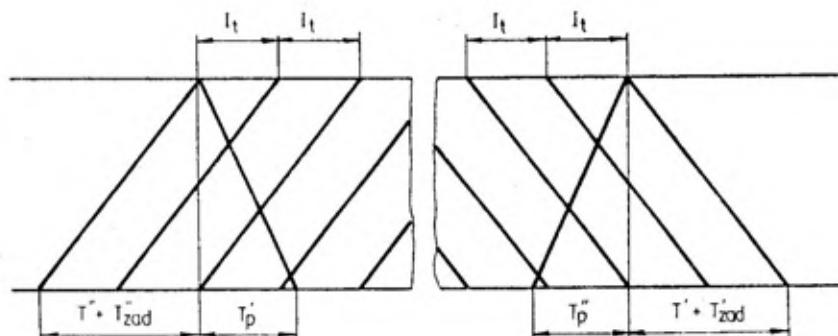
gde je:

K_{pret}^p — broj preticanja teretnih vozova parom putničkih vozova,

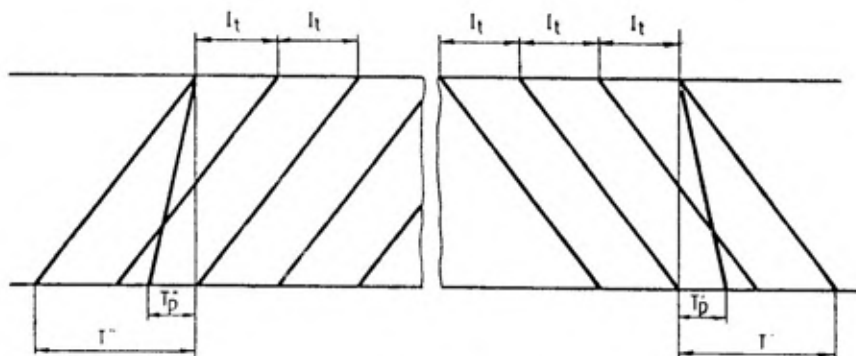
N_p — broj putničkih vozova.

Broj ukrštavanja teretnih jednim parom putničkih vozova, (sl. 9) može se odrediti izrazom:

$$K_{uk}^p = \frac{T' + T'_{zad} + T'_p + T'' + T''_{zad} + T''_p}{I_t} - 2\Delta K$$



Sl. 9 — Ukrštavanje teretnih vozova s jednim parom putničkih



Sl. 10 — Preticanje teretnih vozova s jednim parom putničkih

Broj preticanja teretnih vozova parom putničkih (sl. 10) može se utvrditi izrazom:

$$K_{\text{pret}}^p = \frac{T' + T'_{\text{zad}} + T'_p + T'' + T''_{\text{zad}} - T''_p}{I_t} - 2\Delta K \quad (8)$$

Prema tome, ako se uz odvijanje železničkog saobraćaja za potrebe VJ istovremeno odvija i deo ostalog saobraćaja, tada se broj ukrštanja merodavan za ocenu kriterijuma bezbednosti organizovanja železničkog saobraćaja, za potrebe ovog rada, može predstaviti kao zbir ukrštanja teretnih vozova među sobom K'_{uk} i sa putničkim K'_{uk} (izraz 5). Deo zadržavanja pri ukrštanju istovremeno se odnosi i na preticanje.

Kod delimično paketnih grafikona saobraćaja vozova, taj se tip grafikona uslovno, za određivanje broja ukrštavanja, posmatra kao običan nepaketni grafikon, tako što se linije (trase) svaka dva voza uzimaju kao jedna trasa. U tim uslovima par teretnih vozova N_t zamenjuje se parom uslovnih paketa N_{us} .

Tada se umesto vremena vožnje na deonici $(T' + T'' + T_{\text{zad}})$ uzima vreme vožnje para uslovnih paketa $(T' + T'' + T_{\text{zad}}^{\text{pak}} + 2/\gamma)$, a to približno iznosi $(1 + 0,25\gamma_{\text{pak}})(T' + T'' + T_{\text{zad}})$ [4].

Tada se broj ukrštanja uslovnih paketa koji otpada na jedan par tih paketa može odrediti pomoću izraza:

$$K_{\text{uk}}^{\text{us}} = \frac{(1 + 0,25\gamma_{\text{pak}})(T' + T'' + T_{\text{zad}}) N_{\text{us}}}{1440} - \Delta K \quad (9)$$

Zaključak

Bezbednost prevoženja železnicom u uslovima pojave masovnih tokova tereta i putnika, u ovom radu, posmatra se kao jedan od mogućih kriterijuma radi izbora optimalnog načina organizovanja železničkog saobraćaja, odnosno utvrđivanja njihovog ranga — redosleda.

Analiza osnovnih faktora bezbednosti železničkog saobraćaja pokazala je da je kod pojedinih varijanti organizacije različito njihovo učešće i uticaj, pa je kao osnova modela za utvrđivanje bezbednosti prevoženja masovnih tokova tereta železnicom, uzeta količina — broj kolizionih tačaka.

S obzirom na to da se najčešće razmatra organizacija železničkog saobraćaja na jednokolosečnoj pruži, gde kolizija predstavlja ukrštanje dva voza, koje se obavlja u stanicama ili drugim službenim mestima, predloženo je da se vrednost kriterijuma bezbednosti od-

redi prema broju ukrštanja koji se odnosi na jedan par vozova. Model za određivanje broja ukrštanja dat je za slučaj odvijanja saobraćaja vozova samo

za potrebe VJ (vojnih vozova), kao i za slučaj istovremenog odvijanja i ostalog saobraćaja za potrebe društva i privrede.

Literatura:

- [1] Uputstvo o postupcima za slučaj vanrednog događaja, Beograd, ZJZ, 1988.
- [2] Jovanović, D.: Faktori bezbednosti železničkog saobraćaja, Zbornik radova savetovanja »Bezbednost putnog i železničkog saobraćaja u oružanim snagama«, Zagreb, jun 1989.
- [3] Jovanović, D.: Stanje bezbednosti železničkog saobraćaja, Zbornik radova savetovanja »Bezbednost putnog i železničkog saobraćaja u oružanim snagama«, Zagreb, jun 1989.
- [4] Eror, S.: Organizacija železničkog saobraćaja I, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1989.

ZAŠTITA NA RADU KOD UTOVARNO-ISTOVARNIH RADOVA

Uvod

Utovarno-istovarni radovi su značajan i specifičan deo saobraćajno-transportnih procesa. Javljaju se na početku, u toku i na završetku transporta tereta u svim granama saobraćaja. U organizaciji i realizaciji utovarno-istovarnih radova, pored stručne i kvalifikovane radne snage, učestvuje veliki broj ljudi koji ne poznaju tehnološke zahteve ovih poslova. Zbog toga dolazi do povreda na radu, sa lakšim i težim posledicama, kao i oštećenja tereta.

Zaštita na radu, kao izdvojeni deo organizacije rada sa razrađenim postupcima i normativima, razvijena je u našoj zemlji. Međutim, u VJ, iako regulisana propisima i regulativom, zaštita na radu tek u poslednje vreme nalazi svoje mesto i kao izdvojena oblast. Specifičnost zaštite kod utovarno-istovarnih radova izložićemo preko opštih normativa zaštite, zahteva za uređenje utovarno-istovarnih prostora, kao i postupaka i normi sa aspekta zahteva tereta i pojedinih uređaja. Ukazaćemo i na zaštitu sa stanovišta ekologije.

Opšti normativi zaštite

Organizacija rada kod utovarno-istovarnih radova je nepotpuna bez dobro postavljene zaštite na radu. Nepo-

štovanje ovoga uslova neminovno vodi ka manjoj proizvodnosti i drugim negativnim posledicama [L.1].

Uprave skladišta i baza, kod ovih oblika prevoza i premeštaja tereta transportnim sredstvima (automobilima, tegljačima, traktorima, prikolicama), dizalicama i ručno, dužne su da osiguraju izvršenje pravila, normi i potrebe tehnike sigurnosti i zaštite na putu i kod utovarno-istovarnih radova.

Vozači utovarno-istovarnih mašina, vozači automobila, radnici na dizalicama, i drugi koji su vezani za pripremu i izvršenje utovarno-istovarnih poslova, moraju dobro savladati uputstva za tehniku zaštite na radu.

Utovarno-istovarni radovi moraju se vršiti samo pod rukovodstvom odgovorne osobe, koju je odredio nadležni organ.

Osobama do 16 godina ne dozvoljava se stalni rad na utovarno-istovarnim poslovima. Osobama od 16 do 18 godina dozvoljava se utovar-istovar sledećih materijala:

— šljunka, gline, peska, žitarica, voća i povrća, i sl;

— lagane prazne ambalaže, voća u mekoj ambalaži, i sl;

— lakih komada tereta (cigle, daske, i sl.).

Osobe od 16 do 18 godina mogu utovarati robu mase do 16 kg (mladići) i 10 kg (devojke). Roba koja se prenosi ručno, a nose je devojke, ne sme biti teža od 20 kg, a mladići ne smeju nositi terete teže od 50 kg.

Osobe određene za utovarno-istovarne poslove, do početka svoga rada dužne su da provere ispravnost dizaličnih mehanizama, tegljećeg i ostalog inventara.

Nije dozvoljeno vršiti utovarno-istovarne radove dizalicama ili pretovarnim uređajima, ako je vetar jači od 12 m/s. Takođe, zabranjena je primena lanaca pri dizanju tereta na visinu višu od 2 m. Ako dizalica radi u blizini električnih kablova u koje može udariti grom, neophodno je isključiti električni tok, a kabl podići pomoću specijalnog podupirača.

Osobe koje rade na utovaru (istovaru) prašinastih roba (đubrivo, kreč, cement, i sl.), moraju imati zaštitne naočare, rukavice i specijalnu odeću.

Transport boca sa gasovima i kiselinama zahteva nosila sa ugrađenim okvirom u veličini boce, koji osigurava njihov horizontalni položaj pri premeštanju.

Na utovaru (istovaru) dugačkih tereta (balvani, dugačke bale, koji su duži od 1/3 karoserije automobila i traktorske prikolice) moraju raditi najmanje 2 osobe. Za utovar je potrebno koristiti grede koje su dovoljno jake.

Da bi se izbeglo klizanje na mestima gde rade radnici na pripremama i nosači, prolazi moraju biti očišćeni, a, ako je potrebno, i posuti peskom ili troskom.

Nosačima se, osim odmora za ručak, dozvoljavaju prekidi za odmor, koji spadaju u njihovo radno vreme. Dužina i raspored tih prekida utvrđeni su pravilima unutar radnog rasporeda. Pušenje se dozvoljava samo u vreme prekida (odmora) i na mestu koje je za to određeno.

Zahtevi za uređenje utovarno-istovarnih prostora

Prilazni putevi koji vode do utovarno-istovarnih mesta moraju imati zastor i biti u ispravnom stanju. Delove pod nagibom treba čistiti od leda i posipati peskom ili troskom. Kao izuzetak, dozvoljava se poboljšanje prirodnih prilaznih puteva radi sigurne vožnje.

Kada se presecaju prilazni putevi, šančevi, rovovi, železničke pruge treba da se izgrade branici i mostovi za prelaz. Širina prilaznih puteva mora biti najmanje 6,2 m kod dvosmernog kretanja vozila, a kod jednosmernog kretanja 3,2 m, sa odgovarajućim proširenjima na krivinama [L. 2].

Veličina utovarno-istovarnog prostora bira se tako da se izradi normalni front rada za predviđeni broj automobila, vagona i radnika. Pri smeštaju vozila na utovarno-istovarnom prostoru, razmak mora biti najmanje 1 m kada stoje jedno za drugim (u dubini), a najmanje 1,5 m između, kada stoje (frontalno). Ako automobili stoje, radi utovara ili istovara blizu zgrade, razmak između zgrade i zadnjeg dela automobila mora biti najmanje 0,5 m.

Kretanje automobila na utovarno-istovarnim mestima i prilaznim putevima reguliše se saobraćajnim znacima i propisima. Po pravilu, kretanje se ne sme prekidati.

Ako se zbog proizvodnih uslova mora organizovati kretanje bez prekida vozila moraju prilaziti na utovar i istovar zadnjim delom, kako bi se iz radnog prostora moglo izlaziti bez manevrisanja.

Osetljivost utovarno-istovarnih radova po mraku zahteva osiguranje normalnih uslova osvetljenja.

Ispred prostora za utovar i istovar ambalaže i komadne robe (bale, bačve, sanduci, koturi, i sl.), koja se čuva u skladištima i magacinima, grade se platforme ili rampe visine do poda karoserije vozila (1,1—1,2 m).

Skladišta, smeštena u podrumskim i polupodrumskim prostorijama koje imaju stepenice dublje od 1,5 m moraju imati vrata i pomične stepenice za spuštanje tereta neposredno u skladišne prostorije.

Skladišta koja su smeštena iznad prvog sprata i imaju više stepenica ili su na visini većoj od 2 m opremaju se dizalicama za spuštanje i dizanje tereta.

Pre nego što se pošalju radnici, automobili i utovarno-istovarne mašine na mesto utovara i istovara tereta, organizator transporta je dužan da proveri da li odgovaraju uslovi rada u otpremi i prijemu te robe, te potrebama tehnike bezbednosti. Ako nisu ispunjeni uslovi za sigurno izvršenje operacije, zabranjuje se upućivanje do izvršenja popravke odnosno do otklanjanja nedostataka.

Zaštita na radu prema zahtevima tereta

Teret koji se prevozi deli se po težini i po stepenu opasnosti pri utovaru, istovaru i transportu [2, 3, 4].

Kategorije tereta prema težini su sledeće:

- tereti mase do 80 kg, šipki tereti, tereti sa mekanom ambalažom, i dr;

- komadni tereti od 80 do 500 kg, i

- tereti mase preko 500 kg.

Grupe tereta prema opasnostima su:

- malo opasni tereti (građevinski materijali, roba široke potrošnje);

- gorivi materijali (benzin, petrolej, nafta, aceton, itd.);

- šipka i goruća roba (cement, kreč, ugalj, bitumen, asfalt);

- zapaljive i nagrizajuće tečnosti (kiseline, baze);

- boce sa komprimovanim gasovima;

- tereti opasni po svojoj veličini;
- posebno opasni tereti (zapaljive materije, eksplozivi, otrovni gasovi, itd.).

Od skladišta do mesta utovara ili istovara teret prve kategorije se može prenositi ručno, ako rastojanje (po horizontali) nije veće od 25 m, a za šipke terete, koji se prevoze u gomili, do 3,5 m. Kod većeg rastojanja treba koristiti pretovarne mašine i uređaje.

Podizanje tereta mase veće od 80 kg u karoseriju automobila i skidanje s karoserije dozvoljeno je ako to obavlja najmanje dva radnika.

Pri prenošenju tereta druge kategorije (80—500 kg) od skladišta do mesta utovara ili istovara, a i pri njihovom utovaru i istovaru neophodno je primenjivati utovarno-istovarne mašine, uređaje i sprave.

Pri korišćenju koturaljki radnici se moraju nalaziti sa strane tereta. Zabranjeno je stajanje među koturaljkama pri guranju uzbrdo i spuštanju tereta.

Prenos, utovar i istovar tereta težih od 500 kg, kod stalnih i privremenih utovarno-istovarnih mesta, obavlja se uz pomoć dizalica, greda, liftova, podizača i drugih sredstava mehanizacije.

Pri utovaru tereta u vozila mora se poštovati niz iskustvenih pravila.

Pri utovaru šipkih i gomilastih tereta ne dopušta se utovar iznad karoserije. Ovaj teret mora biti raspoređen ravnomerno po celoj površini poda.

Komadni teret, koji je viši od karoserije, veže se čvrstom žicom, a ne sme se dopustiti klizanje šipki i žice. Radnici koji vežu teret moraju se nalaziti samo na utovarno-istovarnom prostoru, a visina tereta i vozila ne sme biti veća od prolaza ispod mostova i podvoznjaka 3,8 m.

Sanduci, burad i drugi teret u komadima moraju se tovariti jedan do drugog bez razmaka kako se pri vož-

nji (naglom kočenju i trzanju ne bi pomicali. U razmak između tereta stavljaju se drvene grede, koje služe kao pregrade.

Prevoz radnika na karoseriji po pravilu se ne dopušta. Kada je zbog posla neophodno prevoziti radnike, oni se moraju nalaziti u kabini, a u izuzetnim slučajevima mogu se nalaziti na karoseriji samo pri prevozu tereta iz prve grupe. U takvim slučajevima teret mora biti utovaren tako, da u blizini kabine bude udobno i sigurno mesto za sedenje. Zabranjeno je ostavljanje mesta za radnike između tereta i kabine, kao i u zadnjem delu karoserije pri prevozu tereta drugih grupa. Teret u vrećama stavlja se jedan na drugi. Zabranjuje se stavljanje na hrpu ako je u pocepanoj ambalaži. Teret u sanducima se, pri utovaru u vagone i skladišta, mora stabilno slagati. Visina ne sme biti viša od 3 m, a pri korišćenju mehanizama može se povećati do 6 m. Sanduci i vreće smeštaju se u zatvorenim skladištima, tako da širina glavnog prolaza bude najmanje 2,5 m. Pri skidanju sanduka ili vreće s vrha stoka, rukovodilac rada je dužan da se prethodno uveri da se roba neće obrušiti.

Ako se skladište nalazi u istoj ravni s podom vagona ili karoserijom automobila, teret u bačvama, balonima i rolama preporučljivo je tovariti ručno, guranjem. Ako je skladište više od ravnine poda vagona ili karoserija automobila, utovar i istovar pomenute robe može se obavljati samo ako teret ne prelazi 100 kg. Tereti teži od 100 kg utovaraju se pomoću greda. Zabranjuje se prenošenje tereta u bačvama na leđima, bez obzira na njihovu težinu, ukoliko mogu da se kotrljaju. Teret u bačvama stavlja se u vagone, karoseriju automobila ili u skladište u nekoliko redova. Koturaju se po gredama po bočnoj strani. Bačve s tekućim teretom smeštaju se tako da se čep nalazi sa gornje strane. Svaki red mora se stavljati s pregradama od dasaka, s učvrš-

ćenjem krajnjih redova klinovima. Radnici se ne smeju nalaziti ispred ili iza tereta koji se kotrlja po gredi već uvek sa strane. Ako se teret kotrlja po ravnoj površini radnici se nalaze iza tereta. Pretovaranje robe guranjem krajeva, zabranjeno je zbog mogućih ozleđa ruku.

Utovar i istovar tereta druge grupe, odnosno gorivog materijala, mora biti mehanizovan i otprema sa prepumpavanjem kroz ispravne cevi ili creva. Zapaljive tečnosti mogu se prevoziti samo u cisternama i drugim zatvorenim metalnim rezervoarima. Zabranjeno je njihovo prevoženje u staklenim ili otvorenim posudama, i sl. Hermetički zatvorene metalne posude s teretom druge grupe, pri prevozu na teretnim automobilima i prikolicama moraju se stavljati tako da čep bude okrenut nagore i da budu dobro učvršćene.

U kabinama automobila koji prevoze zapaljive tečnosti zabranjena je vožnja licima koja nisu vezana za opsluživanje transporta. Na karoseriji automobila koji prevozi bačve ne smeju se nalaziti radnici. **Pri punjenju cisterni zapaljivim tečnostima, cisternu treba uzemljiti.**

Tereti treće grupe, u načelu, za bezbedan rad traže mehanizovan utovar i istovar. Šipak i gomilasti teret na otkrivenoj karoseriji mora se pokriti ceradom. Zabranjeno je stavljati sipki i gorući teret na drvene karoserije bez stavljanja prostirki. Kreč, cement i drugi sipki i nagrizaajući teret radnici mogu tovariti i istovarati u specijalnoj odeći, sa zaštitnim naočarima. Pri utovaru-istovaru hlorovodoničnog kreča radnicima se moraju dati gas-maske s filtrom. Radnici u kacigama moraju imati periodične odmore, ali najmanje jedanput u smeni.

Teret četvrte grupe, koji se nalazi u staklenoj ambalaži, prenosi se do mesta istovara u skladište i od skladišta do utovara na za to određenim nosilima, kolicima, čime se osigurava pu-

na bezbednost. Na kolicima i nosiljkama moraju biti napravljena gnezda, prema meri ambalaže, a zidovi gnezda treba da budu obloženi mekanim materijalom (rogozina). Balone i drugu staklenu ambalažu treba tovariti sa strane. Zbog toga gnezda moraju biti opremljena bočnim vratašcima koja se ne mogu otvarati sama. Staklena ambalaža sa nagrizajućim tečnostima mora se nalaziti u pletenim i drvenim korpama koje su ispunjene slamom ili strugotinom. Ovi tereti se toware, istovaravaju i transportuju sa najmanje dva radnika.

Pri utovaru u karoseriju automobila moraju se ispuniti sledeći zahtevi:

- staklena ambalaža s nagrizajućim tečnostima stavlja se samo u vertikalni položaj, tako da grlo, čep, bude okrenuto nagore;

- svako mesto tereta se dobro učvršćuje na karoseriji, kako za vreme kretanja, zaustavljanja i kočenja teret ne bi pomicao;

- teret u staklenoj ambalaži ne sme se stavljati jedan na drugi u dva reda bez poprečnih pregrada koje sprečavaju razbijanje u toku transporta;

- u karoseriji vozila ne smeju se nalaziti ljudi;

- pri transportu u metalnoj ambalaži ili auto-cisterni, pred svaki put neophodno je utvrditi stanje ambalaže i auto-cisterne;

- zabranjeno je korišćenje preтоварних mašina, osim lifta ili podizača u obliku šahta;

- pre početka rada svako mesto na kojem se nalazi teret treba pažljivo pregledati. Ako se opaze makar i najmanje povrede ambalaže sa takvim teretom mora se oprezno postupati;

- prenošenje balona s kiselinom za ručke korpe dozvoljava se samo nakon prethodnog proveravanja dna korpe i ručki;

- zabranjeno je prenošenje balona s kiselinom i bazom na leđima ili ramenu;

— bačve, burad i sanduci s nagrizajućim materijama moraju se prevoziti na specijalnim kolicima.

Kod tereta pete grupe u koje spadaju baze sa gasovima pod pritiskom, neophodno je:

- do mesta utovara ili istovara prevoziti na specijalnim kolicima čija ih konstrukcija čuva od potresanja i udara. Boce stavljati na kolica samo u ležećem položaju. Utovar i istovar vršiti uz pomoć dizalično-transportnih mehanizama, pridržavajući se propisanih mera bezbednosti. Karoserija automobila treba da bude opremljena stalažama s ćelijama veličine boca. Stalaže se moraju zatvarati tako da čuvaju boce od udara i potresa.

Boce koje se prevoze na automobilima bez stalaža stavljamo u horizontalni položaj. Pri utovaru u karoseriju više od jednog reda obavezno se primenjuju pregrade (umeci) koji čuvaju boce da ne udaraju jedna u drugu. Boce se mogu voziti u automobilima u vertikalnom položaju u specijalnim kontejnerima. Utovar i istovar kontejnera i boca mora biti mehanizovan. Boce sa propanom prevoze se u vertikalnom položaju bez kontejnera. Kada se prevoze leti, kada je toplo, moraju se pokrivati i, na taj način, zaštititi od sunca. Na karoseriji na kojoj se prevoze boce ne smeju se nalaziti ljudi.

Teret šeste grupe, u koju spada teret duplo duži od karoserije automobila, tovari se i prevozi na automobilima s prikolicama (niska kola);

- dugački komadni teret (šine, bale, itd.) istovaruje se uz pomoć dizalica. Ako se taj posao vrši ručno, neophodne su čvrste grede;

- platforme automobila, koje su namenjene za prevoz dugačkog tereta, moraju biti bez bočnih strana, ali opremljene podupiračima na skidanje (pomičnim prečkama) koje sprečavaju ispadanje tereta. Prečke platforme i lance treba na vrhu obavezno povezivati;

- pri istovremenom prevozu dugačkog tereta različite dužine, kraći te-

ret se stavlja na vrh. Teret, dužine veće od šest metara, mora se pri prevozu pričvrstiti lancima;

— zabranjeno je tovariti dugački teret, na karoseriju, po dijagonali, ostavljati da krajevi vire napolje i zagrađivati teretom vrata na kabini vozača.

Za grupu opasnih tereta (municija, minsko-eksplozivna sredstva, i dr.), zavisno od vrste, detaljno je propisana regulativa za bezbedan rad i on se mora odvijati u neposrednoj organizaciji rukovodilaca u svim fazama transporta, pa i pri utovaru i istovaru.

Organizacija bezbednog rada pri utovaru i istovaru

Broj ljudi koji se javljaju kao učesnici na utovarno-istovarnim i pretovarnim radovima je veliki, pa pitanje njihove bezbednosti ne sme da bude postavljeno. Pod bezbednošću rada, pored zaštite ljudi, podrazumeva se i očuvanje tereta od oštećenja. Obezbeđenje ispunjenja ovih ciljeva postiže se dobrom organizacijom rada i poštovanjem mera vezanih za bezbednost pri korišćenju pojedinih pretovarnih mašina i uređaja [4].

Starešine transportnih jedinica, ili lica koja organizuju ručni utovar-istovar ili pretovar, dužni su da, pošto se upoznaju sa mestom rada i karakteristikama tereta, daju kratka uputstva neposrednim učesnicima o pravilnom i bezbednom načinu rada u tim uslovima.

Kako je broj ljudi u ručnim utovarno-istovarnim radovima znatan, dele se u grupe. Za svaku grupu se određuje vođa, kome je jedan od osnovnih zadataka da kontroliše da svaki član grupe radi u skladu s dobijenim uputstvima.

Radna mesta treba osloboditi svih suvišnih predmeta, a u toku zime posipati ili pepelom ili peskom i čistiti od leda. Prelazi preko jarkova i kanala

se premošćavaju i obezbeđuju. Površina pretovarnog mesta treba da bude ravna i čvrsta, a za noćne radove sa odgovarajućim osvetljenjem.

Za pretovarne radove u načelu se ne koriste ljudi mlađi od 18 godina, a ako su ručni radovi treba obezbediti najmanje dva čoveka. Učesnicima pretovara se zabranjuje:

— sedenje u karoseriji, na stranica tovarnog sanduka i papučama kabine;

— puštanje motora vozila u rad;

— boravak u karoseriji kiper a i vozila kojima se transportuju predimenzionisani i opasni tereti;

— stajanje u karoseriji za vreme utovara gomilastih tereta mehanizovano.

Radna snaga se ne prevozi na vozilima u kojima je smešten teret. Ukoliko se to ipak dogodi, preduzimaju se mere bezbednosti. Zabranjuje se penjanje i silaženje dok je vozilo u pokretu, kao i sedenje na stranicama karoserije, pušenje i, uzimanje hrane, premeštanje tereta s mesta na mesto i kretanje između tereta i kabine.

Bezbednosne mere pri radu sa pojedinim vrstama tereta odgovaraju njihovim osobinama i regulisane su propisima. Njihova je primena obavezna, naročito pri prevozu opasnih tereta.

U mehanizovanom pretovaru mere bezbednosti su strože. Moguće povrede ljudi i oštećenja tereta su veće.

Jedan broj mera je zajednički za sve mašine i uvek ih se treba pridržavati:

— rukovanje pretovarnim mašinama mogu vršiti samo stručna i ovlašćena lica;

— ne sme se prelaziti nosivost mehanizma;

— ne dozvoliti oštećenje tereta pri pretovaru kanapima i lancima;

— premeštanje tereta treba da je lagano, bez udara i udaranja o susedni teret;

— zahvatni organi moraju biti kvalitetno urađeni i moraju se redovno kontrolisati u pogledu bezbednosti;

— treba proveriti da li postoje zaštitne mreže, pregrade, i dr., kod svih obrtnih delova, kako pri njihovom lomu ne bi došlo do nesreće;

— popravka, regulisanje i podmazivanje mehanizma može se izvoditi ako mašina ne radi; sa neispravnim mašinama rad je zabranjen;

— ako je radni organ podignut a motor radi; mašina se ne sme napuštati;

— ispod podignutog radnog organa i u krugu njegovog dometa ne može se raditi.

Uslovi na određenom pretovarnom mestu diktiraju primenu ovih i drugih mera bezbednosti. Za bezbedan rad, naročito kada je rastojanje između pretovarne mašine, tereta i vozila veće, primenjuje se signaliziranje znacima.

Primenom ovih mera i dobrom organizacijom postiže se pravovremeno izvršenje zadataka i puna bezbednost.

Mere bezbednosti pri korišćenju mašina za pretovar

Svaka pretovarna mašina, zavisno od konstrukcije i tehnološkog procesa, ima i specifične zahteve za bezbedan rad. Tako, na primer, pri pretovaru auto-kranom težina tereta u jednom zahvatu mora odgovarati nosivosti prema veličini dometa strele. Posebnu pažnju treba obratiti na tehničko stanje i nosivost štopova i užadi, kojima se teret veže. Vezivanje tereta treba da obavlja stručno lice, na propisani način, a ako to radi vojnik, mora se uputiti u svaki poseban slučaj. Upotreba kudeljnih užadi zaprljanih uljem, mašču ili krečom nije dozvoljena. Pri vezivanju uža se ne sme nasilno gurati kroz otvore tereta i treba paziti da se pri podizanju ruka ne nađe između užeta i tereta. Pošto se teret podigne na visinu oko 0,5 m, osmotri se da li je

vezivanje dobro, pa se zatim prenese. Pri tome se teret ne sme uravnotežavati sopstvenom težinom, niti se pridržavati. Bezbednom radu doprinosi zvučna signalizacija i signalizacija znacima.

Kada se pretovar obavlja auto-dizalicama i viljuškarima, kroz zonu njihovog rada ne treba da prolaze putevi ručnog pretovara ili transporta tereta. Pri zahvatu tereta potrebno je pridržavati se sledećih pravila:

— teret mora biti ravnomerno raspoređen po širini viljušaka;

— ne dozvoljava se zahvatanje, ukoliko nema otvora za prolaz viljuške;

— dozvoljeno je da teret prelazi viljušku najviše do 1/3 njene dužine;

— direktno stavljanje tereta kranom na viljuške nije dopušteno;

— teret se ne slaže iznad zaštitnog dela vozača;

— pre početka podizanja ili spuštanja tereta dizalice se zakoči ručnom kočnicom, a ram mora biti u položaju unazad.

Pri kretanju na zaokretima i pri prolazu kroz vrata daju se signali. Kada auto-dizalice rade sa strelom važe norme kao i za auto-kranove.

Kada se koristi transporter, sa obe njegove strane mora se obezbediti najmanje po 1 m širine za slobodan prolaz. Dok transporter radi zabranjeno je čišćenje trake rukom, popravka i okretanje valjaka koji su stali, podmazivanje delova i promena ugla naklona. Niko se ne sme nalaziti ispod transportera, koji je u radnom položaju ili u radu. Bez uređaja za zaustavljanje transporter se ne smeju koristiti.

Pri eksploataciji vozila sa podizućom zadnjom stranom strogo se zabranjuje podizanje ljudi zajedno sa teretom. Sam teret treba ravnomerno razmestiti, a po podizanju zadnja strana se zatvara.

Na bezbedan rad u mehanizovanom pretovaru znatan uticaj ima i tehničko stanje mašina i mehanizama. To se postiže dobrim održavanjem, redovnim

pregledima i remontom, što je obaveza preduzeća ili jedinica čija su pretovarna sredstva.

Ekologija i zaštita sredine

Čovekovim nemarnim odnosom prema okolini zagađuje se vazduh, voda, zemljište, podiže nivo buke, povećano zračenje, itd. Zagađivači mogu biti čvrste čestice i gasoviti sastojci. Smatra se da gasovi predstavljaju oko 90% mase zagađivača, a oko 10% čine čvrste čestice. Ako se uporede prirodni izvori s izvorima zagađivanja nastatim ljudskom delatnošću uticajniji su i štetniji sastojci koji nastaju zbog aktivnosti čoveka i napretka tehnike nego sastojci koji nastaju zbog fizičkih aktivnosti zemljine kugle i biosfere [5].

U razmatranjima se ne sme izgubiti iz vida da obično jedan izvor zagađivanja, koji je stvorio čovek, ne emituje samo jednu vrstu zagađivača, već više njih. Dokazano je da istovremeno

Tabela 1.

Izvori	Oksidi sumpora	Oksidi azota	Ugljen-monoks.	Čestice	Ugljovodonic.
[10 ³ kg/god.]					
Termoelektre	12	4	1	4	1
Grejanje	6	1	2	1	1
Saobraćaj	1	6	60	1	10
Industrija	10	2	2	6	4
Deponije smeća	1	1	1	1	1

delovanje više zagađivača najčešće štetno deluje po nekoj eksponencijalnoj funkciji. O tim štetnim delovanjima danas se, međutim, malo zna. Prema rezultatima američkih istraživanja, da-

ti su, u tabeli 1, izvori većeg broja zagađivača.

Na osnovu analiziranih osnovnih izvora zagađivača čovekove okoline može se uočiti da delatnost saobraćaja i transporta predstavlja značajan izvor veštačkog zagađivanja, posebno zbog produkcije ugljen-monoksida, ugljovodonika i oksida azota.

Veliki broj motora sa unutrašnjim sagorevanjem, koji su ugrađeni u transportna sredstva, sve više zagađuju atmosferu, vodu i tlo, a narušavaju prirodnu sredinu intenzivnom bukom. Atmosferu zagađuju sledećim materijama:

- ugljen-monoksidom (CO);
- ugljovodonicima (HC);
- oksidima azota (NO_x);
- oksidima sumpora (NO_x);
- derivatima olova (Pb), (osim kod dizel-motora);
- aldehidima;
- policikličnim ugljovodonicima i ostalim komponentama od aditiva goriva;
- čađom;
- kancerogenim materijama, i dr.

Od uslova paljenja i sagorevanja, kao i od vrste goriva, zavisi koji će od navedenih zagađivača biti dominantan u izduvnoj smeši sagorelih gasova.

Na postotak štetnih sastojaka utiče i sastav smeše vazduh-gorivo, temperatura sagorevanja, brzina rasprostiranja plamena i režim rada motora (tabela 2).

Istraživanja pokazuju da motori kod kojih se pogonska smešta pali isključivo daju najviše ugljovodonika i ugljen-monoksida. Goriva kojima se kao antidetonator dodaje tetra-etil-olovo ispuštaju pri sagorevanju jedinjenja olova, koja intenzivno zagađuju okolinu. Olovne toksične komponente motornog vozila, kao izvora zagađivača, prema

Tabela 2.

Zagađivač	Jed. mere	Prazan hod		Ustaljen rad		Ubrzanje		Usporenje	
		oto	dizel	oto	dizel	oto	dizel	oto	dizel
CO	% z	5,2	0	0,8	0	4,2	500	5,2	0
HC	ppm	750	250	300	65	400	115	4000	250
NO _x	ppm	30	60	1500	240	3000	850	60	30
Formaldehid	ppm		5—20		5—20		5—20		5—20

mestu nastajanja i približnom učešću pojedinih komponenata prikazane su u tabeli 3.

Tabela 3.

Izvor	Komponente zagađivača			
	HC, %	CO, %	NO _x , %	Pb, %
Izduvni sistem	55	100	100	100
Motor	25			
Rezervoar goriva i karburator	20			

Učešće komponenti zagađivača, prema mestu nastajanja na motornom vozilu, zavisi od njegovog stanja. Najveći procenat zagađivača potiče od komponenata izduvnog sistema.

Analizirajući podatke, dolazi se do zaključka da transportna sredstva znatno zagađuju okolinu. To zagađivanje je najizraženije u gradovima, u uslovima intenzivnog saobraćaja, gde motorna vozila rade u izrazito nepovoljnom režimu rada (stalna usporavanja i ubrzanja, kretanje u koloni, i sl.).

U pogledu zagađivanja okoline bukom, detaljna istraživanja u SAD i Evropi pokazala su da je buka od saobraćaja, posebno u gradovima, u kojima se naglo povećava, jedan od bitnih parametara koji utiču na kvalitet života.

Pored toga, u zagađivanju čovekovе okoline saobraćaj i transport učestvuju i preko saobraćajnih nezgoda, ostavljanja delova ili celih vozila u prirodi, zagađivanja podzemnih voda, itd.

Čovek je, u svom nastojanju da prirodu prilagodi svojim potrebama, učinio i niz previdi, tako da je sada prinuđen da u nekim oblastima, kao što je saobraćaj, štiti prirodu.

Obaveza je društva kao i saobraćajne službe, odnosno VJ da preduzima niz mera koje imaju preventivni karakter.

Zaključak

Mere zaštite kod utovarno-istovarnih radova veoma su kompleksne i vezane za sve grane saobraćaja. Realizuju se adekvatnim uređenjem utovarno-istovarnih radova i traže dobro poznavanje tehnologije rada sa pojedinim vrstama tereta. Zbog ovih potreba tereti su podeljeni na sedam grupa, što je osnova za postupke, pa i mere zaštite pri manipulaciji. Posebno je značajna i ukupna organizacija rada pri obavljanju ručnih ili mehanizovanih utovarno-istovarnih operacija, gde su mere zaštite značajan segment.

S obzirom na masovnost pojave utovarno-istovarnih radova u transportu VJ, mere zaštite na radu treba dobro da poznaju sve starešine koje se

moгу javiti kao organizatori ovih poslova, a u prvom redu starešine saobraćajne i ostalih snabdevačkih službi. Razrada standarda i normativa zaštite značajna je i za inspekciju i rad nje-

nih organa kod ocena stanja jedinica. Takođe, ne treba ispustiti iz vida ekološki aspekt i potrebu zaštite životne sredine, kod svih, pa i kod utovarno-istovarnih radova.

Literatura:

- [1] Sokolov S., i dr.: Mehanizacija skladskih radova, Urožaj, Kiev 1974.
- [2] Rajlo I. i dr.: Spravočnik po ohrane truda i tehnike bezopasnost, Moskva 1982.
- [3] Miladinović mr V.: Organizacija putnog transporta, Tehnički školski centar KoV, Zagreb, 1976.
- [4] Dozet S. i dr.: Saobraćajno obezbeđenje oružanih snaga, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1968.
- [5] Miladinović V.: Organizacija i ekonomija pretovara, Saobraćajni školski centar, Titograd, 1967.
- [6] Kolenc dr. J.: Organizacija rada u saobraćaju i transportu, Centar vojnotehničkih škola KoV, Zagreb, 1989.

»ISPITIVANJE BETONA POMOĆU MALIH EKSPLOZIVNIH PUNJENJA SA PRIMENOM NA ODREĐIVANJE ZNAČENJA ČINIOCA OTPOROSTI MATERIJALA ZA BETON«

Uvod

Do nedavno, terenske metode za ispitivanje betona mogle su se jednostavno kategorisati kao destruktivne ili nedestruktivne po prirodi. Destruktivna ispitivanja sadrže ispitivanja do loma ili kompletnih elemenata konstrukcije ili betonskih jezgara uzetih iz konstrukcije, dok nedestruktivne metode ne mere direktno neko od svojstava čvrstoće betona, već neka druga svojstva koja se mogu povezati sa čvrstoćom, a mogu se dobiti nedestruktivnim postupcima. Prednosti i nedostaci destruktivnih i nedestruktivnih ispitivanja su široko poznati, a vlada mišljenje da ne postoji metoda koja u potpunosti zadovoljava, tj. omogućava tačnu i pouzdanu procenu čvrstoće betona u gotovim konstrukcijama.

Da bi se prevazišla ograničenja standardnih metoda ispitivanja, u poslednje dve decenije sprovedena su značajna istraživanja na konstituisanju postupaka nedestruktivnog karaktera, odnosno razvijene su metode lokalne destruktivne (postoji samo lokalno razaranje betonske površine), jer, iako se beton ispituje do loma, destruktivna učestvuje u malom obimu i element koji se ispituje nije ozbiljno oslabljen. U ovu grupu specifičnih metoda, koje se, ipak, mogu svrstati u mehaničke,

spadaju sledeće metode: ispitivanje betona vađenjem umetka (ankera) iz betona (tzv. »pull-out« test), direktno određivanje čvrstoće na zatezanja čupanjem zalepljenih čeličnih diskova sa betonske površine (tzv. »pull-off« test), direktno određivanje čvrstoće betona na zatezanje savijanjem (tzv. »break-off« metoda) i ispitivanje betona merenjem otpornosti na prodiranje (tzv. »Windsor probe«) [1].

U ovu grupu metoda spadaju i postupci lokalne destruktivne pomoću malih eksplozivnih punjenja. Na betonskoj površini izvode se otvori u vidu bušotina u koje se postavlja odgovarajuće (malo) eksplozivno punjenje (MEP), pa se nakon aktiviranja eksploziva meri veličina dobijenog oštećenja. Oštećenje ima oblik levka (kratera), a njegova veličina izraziće se preko zapremine i prečnika izbačenog materijala. Ova vrednost predstavljaće parametar za ocenu čvrstoće betona. Inače, namena ovog postupka je primenljivost u posebnim slučajevima, kada iz nekih razloga (npr. hitnost ispitivanja ili nedostupnost mesta ispitivanja), nije moguće primeniti poznate metode lokalne destruktivne.

U dostupnoj literaturi postoje oskudni podaci o sličnom ispitivanju, izvedenom u bivšem SSSR-u, pod rukovodstvom Skramtaev-a [2]. Naime, sedamdesetih godina, na Vojnoinženje-

rijskoj akademiji u Kujbiševu, predložena je metoda ispitivanja, tzv. metoda eksploziva (metod vzryva), koja se sastoji u tome da se na površinu betona postavlja malo eksplozivno punjenje, a zatim se aktivira. Prema zapremini obrazovanog kratera (levka) određuje se čvrstoća betona u konstrukciji. Kako u dostupnoj literaturi, osim ideje o ovakvom načinu ispitivanja, ne postoje nikakvi drugi podaci, npr. o vrsti punjenja i, uopšte, načinu ispitivanja ili izvedenim eksperimentima, ili o teoretskim postavkama problema, pristupilo se rešavanju jednog istraživačkog zadatka koji bi obuhvatio određivanje svih nepoznatih parametara.

Teoretska osnova za jedno ovakvo ispitivanje nalazi se u mehanizmu dejstva eksplozije na okolnu sredinu, i na beton. Ne zadržavajući se detaljno na opštim pitanjima teorije eksplozije, neophodno je pomenuti osnovni princip dejstva eksplozije na sredinu koju deformiše, a koji je istakao još prof. M. M. Protođakonov u svom delu »O čvrstoći minerala sa gledišta rudarske veštine« (štampano u časopisu »Gornozavodskoe delo«, br. 52 iz 1911. godine), a koji je opširno razrađen u njegovom radu »Materijali za naučnu tezu — 1« (»Gornue raboty«, 1926. godine) [3]. Pomenuti princip sastoji se u tome što je »čvrstoća minerala u svakom smislu i u svim uslovima poređenja proporcionalna otporu sabijanja« (otpornosti na dejstvo eksplozije). To znači da postoji određena veza između fizičko-mehaničkih svojstava sredine i njenog ponašanja prilikom dejstva eksplozije. Širi razvoj datog principa omogućava stvaranje teorije o dejstvu eksplozije na sredinu, na osnovu podataka o otporu koji sredina pruža silama koje vrše formaciju.

Pomoću veličine kratera, koja će se opisati preko prečnika ili zapremine izbačenog materijala, definišaće se posebno svojstvo betona koje ćemo nazvati »otpornost na dejstvo eksplozije« za koje će se smatrati da je pro-

porcionalno čvrstoći betona na pritisak.

Prema tome, cilj istraživanja je eksperimentalno određivanje zavisnosti između otpornosti betona na dejstvo eksplozije i čvrstoće betona na pritisak, kao osnovnog parametra kojim definišemo kvalitet betona.

Takođe, dobijeni rezultati se ovakvim postupkom mogu primeniti na formulu za rušenje betona iz Uputstva za rušenje [13], a posebno na određivanje značenja činioca otpornosti materijala za beton, kao parametra koji bi trebalo da definiše osnovna svojstva materijala u pomenutoj formuli.

Oprema za ispitivanje i postupak

Cilj istraživanja jeste uspostavljanje tražene zavisnosti između veličine kratera na površini betonskog elementa koji izaziva unapred usvojeno eksplozivno punjenje (tzv. otpornosti na dejstvo eksplozije) i čvrstoće betona na pritisak. Naime, eksperimentalnim putem izvršiće se paralelna ispitivanja oba svojstva — otpornosti na dejstvo eksplozije i čvrstoće na pritisak na određenom broju uzoraka, pa će se one dovesti u vezu statističkim metodama. Tako jednom utvrđena veza korišćiće se za određivanje čvrstoće betona u zavisnosti od izmerene veličine kratera.

Da bi usvojili osnovne parametre potrebne za izvođenje eksperimenta, izvršena su prethodna ispitivanja radi određivanja minimalne količine eksploziva i odgovarajuće dubine postavljanja eksplozivnog punjenja. Provere su izvršene na dve kocke 20x20x20 cm, nepoznate čvrstoće, projektovane MB 40. Za eksplozivno punjenje korišćena je detonatorska (rudarska) kapisla 8 (DK-8) [4], sa promenljivom dubinom postavljanja. Utvrđeno je da detonatorska (rudarska) kapisla (DK-8) izaziva lokalno oštećenje na betonskoj površini u obliku levka (kratera), ako je du-

bina postavljanja do ≈ 20 mm, pa se može usvojiti kao osnovno eksplozivno punjenje pri izvođenju tražene zavisnosti.

Od sporogorećeg štapina i kapisli izrađuje se sporogoreći upaljač, koji se, u ovom slučaju, koristi kao osnovno eksplozivno punjenje za izvođenje eksperimenta. Za izradu sporogorećeg upaljača koristi se komad sporogorećeg štapina (ne kraći od 60 cm) i DK-8 [5].

Od ostale opreme, potrebne za izvođenje opita, izdvaja se oprema za bušenje otvora u betonu do prečnika malo većeg nego što je prečnik kapisle, npr. ϕ 8 mm Iako je prečnik kapisle ϕ 6,9 mm manji od pripremljenog otvora, razlika u prečnicima je neophodna radi eliminisanja rizika prilikom postavljanja sporogorećeg upaljača u bušotinu, tj. izbegavanja paljenja detonatora u neželjeno vreme. Bušilica za

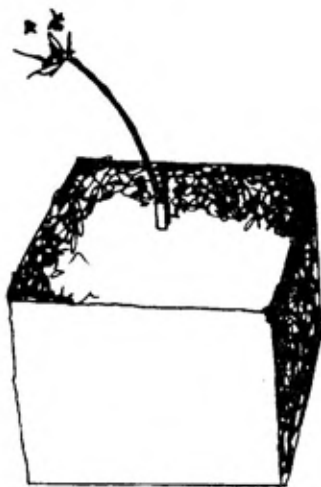
Dakle, neophodno je obezbediti da se sva paljenja izvedu pri istim — projektovanim dubinama postavljanja eksplozivnog punjenja jer to znatno utiče na tačnost dobijenih rezultata.

Dva osnovna parametra koja karakterišu veličinu formiranog kratera, a koji se mogu izmeriti jesu prečnik kratera i zapremina izbačenog materijala. Pod pretpostavkom da je formirani krater oblika idealnog konusa, između ovih veličina može se uspostaviti jednostavna algebarska veza, pa je, u nekim slučajevima dovoljno izmeriti samo jednu od ovih veličina, npr. prečnik kratera.

Eksperimentalno određivanje zavisnosti između čvrstoće na pritisak i otpornosti na dejstvo eksplozije betona

Da bi izveli traženu eksperimentalnu zavisnost generalno, potrebne su dve grupe uzoraka istih karakteristika — isti sastav mešavine, isti uslov nege i ista kompaktnost betona. Jedna grupa biće ispitana posmatranom metodom, tj. meriče se otpornost na dejstvo eksplozije, dok će druga grupa uzoraka biti ispitana nekom od poznatih metoda za određivanje čvrstoće na pritisak. Malhotra [6] je još 1976. godine (ACI Monograph No. 9 »Testing Hardened Concrete: Nondestructive Methods«) predložio da se koristi najmanje šest uzoraka istog sastava, po tri za svako ispitivanje, i da srednja vrednost tako dobijenih rezultata daje jednu tačku na traženom dijagramu.

Dakle, za oba ispitivanja moguće je koristiti standardne uzorke, kocke ili cilindre, mada se za ispitivanje otpornosti betona na dejstvo eksplozije mogu koristiti i drugi nestandardni uzorci, npr. grednog ili pločastog oblika. U ovom slučaju, kao betonski uzorci za oba ispitivanja usvojene su standardne betonske kocke 20x20x20 cm, pre svega, jer su prethodna ispitivanja pokazala



Sl. 1 — Pripremljeni sporogoreći upaljač pre aktiviranja

pravljenje otvora u betonu obavezno mora posedovati dodatak koji omogućava bušenje otvora do projektovane dubine. Naime, obavezna je kontrola izvedenih otvora, a ako se dogodi da su veće dubine od projektovanih, takve otvore treba eliminisati i izbušiti nove.

la da su oštećenja na njima usled dejstva malog eksplozivnog punjenja, kakvo je detonatorska kapisla, sasvim lokalnog karaktera. Drugi razlog za njihovo usvajanje je mogućnost izvođenja više testova otpornosti na dejstvo eksplozija na jednom uzorku. Prvobitna ideja je bila da se čak kapisle aktiviraju na svakoj od šest strana kockastog uzorka, ali su prva ispitivanja pokazala da treća i ostala aktiviranja značajnije oštećuju uzorak, pa je do kraja ispitivanja svaki uzorak ispitivan samo na dve suprotne strane. Otvori za smeštaj punjenja izvedeni su bušenjem u središtima strana uzorka.

Takođe, važan parametar u ispitivanju predstavlja usvajanje dubine postavljanja eksplozivnog punjenja. Jasno je da veća dubina postavljanja uzrokuje i osetno veća oštećenja betonske površine, pa je zbog toga i usvojena kao parametar koji ćemo varirati u ispitivanju. Naime, kako dužina eksplozivnog punjenja kod DK-8 iznosi 21 mm, to će biti i prva usvojena dubina postavljanja punjenja. Uslov je da celo punjenje bude smešteno u bušotinu. Kako su prethodna ispitivanja pokazala, s obzirom na veličinu oštećenja, to se može smatrati gornjom granicom za dubinu postavljanja punjenja. Tražena zavisnost će se istraživati za još jednu dubinu postavljanja punjenja, koja će iznositi 15 mm, a kriterijum će biti što manje oštećenje betonske površine. Za eksplozivno punjenje u oba slučaja će se usvojiti azidna detonatorska kapisla 8, sa masom punjenja od približno 1,1 g.

Kao što je već napomenuto, parametri koji će se meriti jesu prečnik i zapremina kratera. Na osnovu prethodnih ispitivanja jasno je da krater nema pravilan oblik, već da je taj oblik približno elipsast, tj. da dominiraju dve ose — najveća i najmanja. Meriće se obe vrednosti, a za merodavnu veličinu kratera usvojicemo njihovu srednju vrednost.

Takođe, meriće se masa uzoraka pre i posle aktiviranja punjenja, pa će

se na osnovu razlike u masi i poznate zapremine mase betona odrediti zapremina izbačenog materijala.

Plan ispitivanja

Da bi se postigao što veći raspon u čvrstoći betona, ukupno je projektovano sedam serija betonskih uzoraka različitog sastava. Svaka serija se sastojala od po tri betonske mešavine istog sastava, od koje su pravljena po tri uzorka (kocke 20x20x20 cm), ukupno devet uzoraka. Iz svake mešavine jedan uzorak je ispitivan standardnim postupkom na pritisak, a po jedan na otpornost prema dejstvu eksplozije sa dubinom postavljanja punjenja od $h=15$ mm i $h=21$ mm.

Dakle, na otpornost prema dejstvu eksplozije ukupno je ispitano po 7 serija x 3 mešavine = 21 uzorak za obe dubine postavljanja punjenja, i isti broj uzoraka je ispitivan standardnim postupkom.

Na sl. 2 prikazan je predhodno opisani plan obeležavanja i ispitivanja uzoraka.

U tabeli 2 dati su rezultati standardnog ispitivanja na pritisak uzoraka po serijama, kao i osnovni statistički parametri: srednja vrednost čvrstoće na pritisak, standardna devijacija i koeficijent varijacije.

Iz tabele se može uočiti ostvareni raspon u čvrstoći pojedinačnih rezultata koji iznosi 22,2 MPa, dok kod osrednjenih rezultata iznosi 18 MPa i može se smatrati da je dovoljan za izvođenje tražene zavisnosti.

U sledećim tabelama prikazani su eksperimentalni rezultati ispitivanja otpornosti betona na dejstvo eksplozije preko masa (Q u kg) izbačenog materijala.

Cela serija 7 za $h=21$ mm izuzeta iz razmatranja, jer su uzorci bili znatno oštećeni prilikom transporta i istovara.

Tabela 1.

Sastav betonskih uzoraka po serijama

		1	2	3	4	5	6	7
rečni agregat (kg/m ³)	0/4	638	623	597	567	545	535	521
	4/8	319	312	298	284	272	267	261
	8/16	319	312	298	284	272	267	261
	16/32	852	831	796	756	728	713	694
ukupno agregata		2128	2078	1989	1891	1817	1782	1737
cement (kg/m ³) PC15z45b Beočin		200	240	280	360	420	450	500
voda (lit/m ³)		128	144	158	169	177	180	180
svega (kg/m ³)		2456	2462	2427	2420	2414	2412	2417
V/C		0.64	0.60	0.56	0.47	0.42	0.40	0.36
A/C		10.64	8.67	7.10	5.25	4.33	3.96	3.47

Starost uzoraka u trenutku ispitivanja iznosila je oko 100 dana.

Mase izbačenog materijala sračunate su na osnovu merenja masa uzoraka pre i posle aktiviranja eksplozivnog punjenja. Na svakom uzorku izvedena su po dva opita na dve suprotne

strane kocke (I i II). Uočava se da su oba opita po uzorku merodavna, jer ne postoji uočljiva razlika između prvog i drugog opita. Dakle, nije izražena težnja da su npr. sve razlike u masama posle prvog opita manje od razlika u masama posle drugog opita, što

serija br.	1	2	3	4	5	6	7
------------	---	---	---	---	---	---	---

mešavina br.	I			II			III		
redni broj uzorka:	1	2	3	4	5	6	7	8	9

vrsta ispitivanja	standardno na pritisak			pomoću MEP, h=15 mm			pomoću MEP, h=21 mm		
ukupan broj uzoraka	3 x 7 = 21			3 x 7 = 21			3 x 7 = 21		
oznaka uzorka	1	4	7	2	5	8	3	6	9

Sl. 2 — Plan obeležavanja i ispitivanja uzoraka

bi navodilo na zaključak da je uzorak znatnije poremećen posle prvog opita, tj. da drugi opit po uzorku nije mero-

cijenat varijacije veći od 20%. Iz daljeg razmatranja izuzet je rezultat koji najviše odstupa od srednje vrednosti.

Tabela 2.

Rezultati standardnog ispitivanja uzoraka na pritisak

	1	2	3	4	5	6	7
1	28.96	29.47	36.02	40.04	43.43	46.82	44.49
4	26.63	35.37	37.08	40.61	45.24	48.31	44.08
7	34.65	34.76	34.53	40.25	46.51	48.83	44.69
f_b (MPa)	30.08	33.2	35.88	40.3	45.06	47.99	44.42
σ_s (MPa)	3.37	2.65	1.05	0.24	1.26	0.85	0.25
C_v (%)	11.2	8.0	2.9	0.6	2.8	1.8	0.6

davan. U tabelama su prikazani i osnovni statistički pokazatelji, na osnovu kojih je izvršena korekcija rezultata, odnosno u svim serijama gde je koefi-

Sličan princip se koristi i u nekim drugim metodama lokalne destrukcije, npr. određivanja otpornosti na prodiranje [7] ili kod nekih varijanti »pull-out«

Tabela 3.

Rezultati merenja masa izbačenog materijala (Q u g) za $h = 15$ mm

		1	2	3	4	5	6	7
2	I	210	160	140	130	110	60	80
	II	160	190	130	120	130	110	50
5	I	150	170	100	90	90	100	-
	II	260	200	140	70*	90	100	110*
8	I	120*	250	100	80	80	70	70
	II	190	150	90	135	100	80	-
Q (gr)		182	187	117	104	100	87	77.5
σ_s (gr)		45	33	21	25	16	18	22
C_v (%)		24.9	17.6	17.6	24.0	16.3	20.6	27.9
* Q (gr)		194			111			67
* σ_s (gr)		39			22			12
* C_v (%)		20.2			19.8			18.6

Tabela 4.

Rezultati merenja masa izbačenog materijala (Q u g) za $h = 21 \text{ mm}$

		1	2	3	4	5	6	7
3	I	340	-	250	140	170	130	-
	II	-	-	250	-	230*	-	-
6	I	270	230	200	210	120	100	-
	II	-	190	-	220	150	-	-
9	I	370	-	150	110*	160	110	-
	II	-	230	190	-	120	-	-
Q (gr)		327	217	208	170	158	113	-
σ_s (gr)		42	19	38	46	37	12	-
C _v (%)		12.8	8.7	18.3	27.0	23.5	11.0	-
* Q (gr)					190	144		
* σ_s (gr)					36	21		
* C _v (%)					18.7	14.3		

NAPOMENA: Sa * su označeni rezultati koji su izuzeti iz razmatranja,

Tabela 5.

Rezultati merenja prečnika formiranog kratera (R u cm) za $h = 15 \text{ mm}$

		1	2	3	4	5	6	7
2	I	11.5	10.8	10.5	10.0	9.8	7.3	9.5
	II	9.5	11.5	10.3	9.9	10.8	9.4	8.0
5	I	9.5	11.0	10.9	9.0	9.5	9.6	-
	II	11.8	11.5	9.7	8.5	9.3	9.8	9.3
8	I	10.3	11.8	9.9	9.8	9.3	8.2	9.0
	II	11.0	11.0	9.5	10.0	9.5	8.5	-
R (cm)		10.6	11.3	10.1	9.5	9.7	8.8	8.95
σ_s (cm)		0.91	0.35	0.48	0.58	0.52	0.89	0.58
C _v (%)		8.5	3.1	4.8	6.1	5.4	10.1	6.5

testa [8]. Naime, smatra se da ovakav postupak neće bitno uticati na opis same pojave. Granicu od 20%, kao gornju vrednost koeficijenta varijacije, preporučuju neki autori, npr. Bungey [6], i sreće se kod BRE testa (engleska varijanta »pull-out« testa na bazi ekspanzivnog ankera) koji se nalazi u njihovim tehničkim propisima (BS 6089: 1981 [8]).

Linearna veza između čvrstoće betona na pritisak i otpornost na dejstvo eksplozije

Prikažemo rezultate linearne regresione analize primenjene na prosečne rezultate po serijama uzoraka. Svaka čvrstoća betona na pritisak na dijagramu predstavlja srednju vrednost od tri ispitivanja, dok svaka zapremina ili

Tabela 6.

Rezultati merenja prečnika formiranog kratera (R u cm) za $h = 21$ mm

		1	2	3	4	5	6	7
3	I	13.8	-	11.8	10.6	11.0	10.2	-
	II	-	-	11.7	-	-	-	-
6	I	12.5	12.3	10.4	12.2	10.0	9.3	-
	II	-	11.5	12.0	10.8	11.2	-	-
9	I	13.3	-	10.4	9.7	10.3	9.5	-
	II	-	12.5	12.0	-	11.0	-	-
R (cm)		13.3	12.1	11.4	10.8	10.7	9.7	-
σ_n (cm)		0.41	0.43	0.70	0.90	0.46	0.39	-
C_v (%)		3.2	3.6	6.2	8.3	4.3	4.0	-

Kod dubljih otvora ($h=21$ mm) na jednom broju uzoraka posle prvog opita došlo je do značajnijeg oštećenja — rastresanja uzoraka, što je dovelo do toga da drugi opit potpuno »razbije« uzorak. Naravno, takvi uzorci su izuzeti iz daljeg razmatranja.

Za dalju upotrebu, vrednosti masa izbačenog materijala (Q u gr) preračunate su u zapreminu izbačenog materijala (V u cm^3), koristeći podatak da prosečna zapreminska masa nearmiranog betona iznosi 2400 kg/m^3 .

Navodimo rezultate određivanja otpornosti na dejstvo eksplozije, izražene preko srednjeg prečnika formiranog kratera.

prečnik kratera predstavljaju srednje vrednosti od tri do šest ispitivanja, u zavisnosti od broja uspešnih opita. Ovakav način predstavljanja rezultata je u skladu sa sličnim postupcima koji se koriste u literaturi pri ispitivanju betona lokalnom destrukcijom. Tako npr. Malhotra [9], [10] koristi ovakav postupak pri određivanju otpornosti na prodiranje i kod »pull-out« testa, dok ga Chabowski i Brayden-Smith [11] koriste pri ispitivanju betona unutrašnjim lomom (tzv. BRE test).

Zavisnost čvrstoće betona na pritisak (f_b) od otpornosti na dejstvo eksplozije biće predstavljena u sledećem obliku:

$$f_b = a \cdot V + b, \quad f_b = a \cdot R + b \quad (1)$$

gde je V — zapremina kratera, a

R — prečnik formiranog kratera, dok su a i b koeficijenti određeni metodom najmanjih kvadrata. Kako je varirana i dubina postavljanja punjenja, uvešćemo označavanje zapremina i prečnika kratera na sledeći način: $V(h=15 \text{ mm})=V_{15}$ $V(h=21 \text{ mm})=V_{21}$, $R(h=15 \text{ mm})=R_{15}$ i $R(h=21 \text{ mm})=$

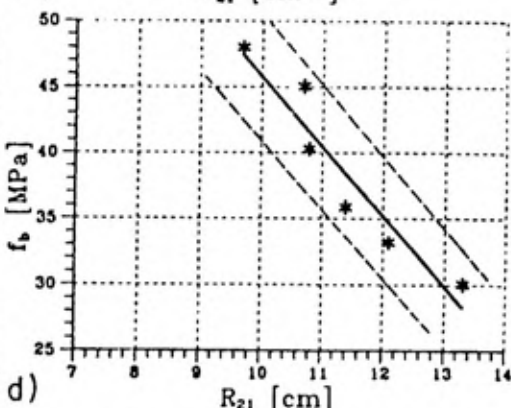
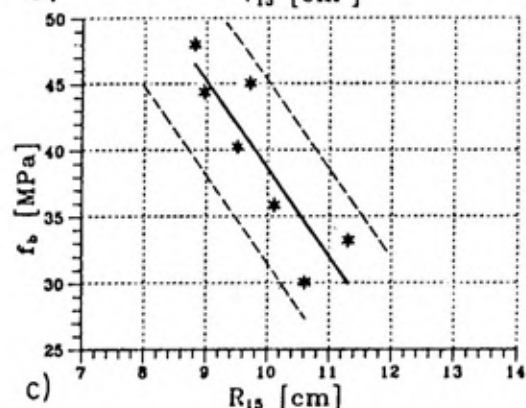
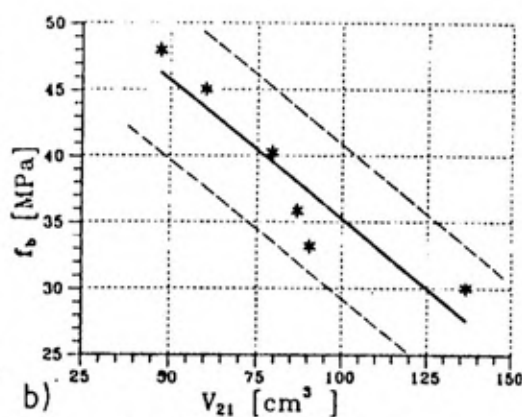
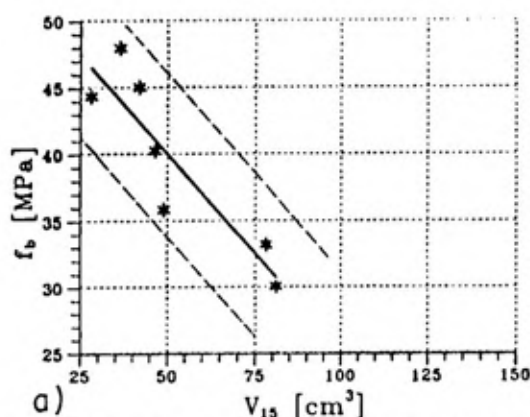
$=R_{21}$. U tabeli 7 dati su rezultati linearne regresione analize za sve posmatrane slučajeve, i to koeficijent korelacije (r^2), standardna greška regresije (S_f) i koeficijenti a i b regresionih linija.

Na sl. 3 prikazane su regresione linije sa 95% granicama pouzdanosti.

Tabela 7.

Parametri veze dobijeni linearnom regresijom

	a	b	r^2	S_f (MPa)
$f_b - V_{15}$	-0.30	54.8	0.81	3.2
$f_b - V_{21}$	-0.21	56.3	0.87	2.8
$f_b - R_{15}$	-6.60	104.5	0.77	3.5
$f_b - R_{21}$	-5.30	98.8	0.91	2.4



Sl. 3 — Pravolinijska veza između čvrstoće betona na pritisak i veličine kratera; a) $f_b - V_{15}$, b) $f_b - V_{21}$, c) $f_b - R_{15}$, d) $f_b - R_{21}$

**Krivolinijska veza između
čvrstoće betona na pritisak i
otpornosti na dejstvo
eksplozije**

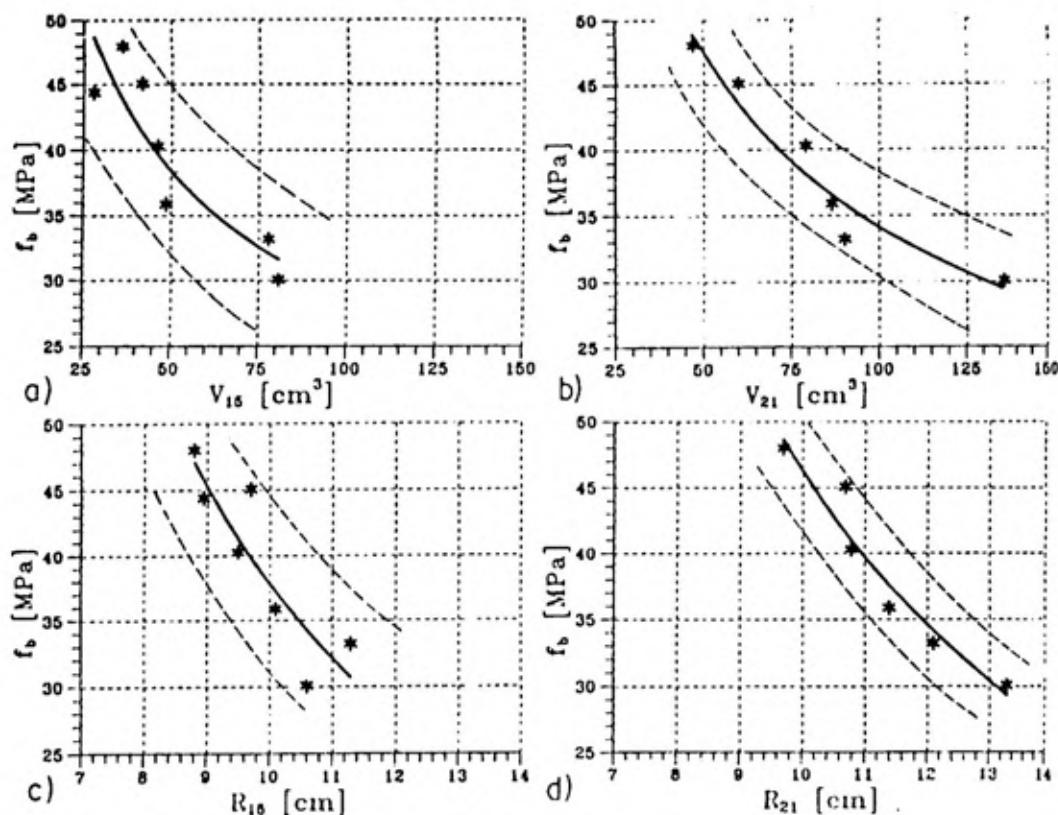
Iako je linearna regresija dala relativno dobru korelaciju, ipak je treba uzeti sa rezervom, s obzirom na to da su za analizu korišćeni osrednjeni rezultati. Naime, sprovođenje analize sa pojedinačnim rezultatima, što, takođe, neki autori preporučuju (Bickley [12]), svakako bi dalo realniju sliku pojave,

ali i znatno veće rasipanje rezultata, uzimajući u obzir relativno mali broj izvedenih opita i činjenicu da je u sastavu mešavina betona po serijama variran veći broj faktora (V/C, A/C). Zbog toga je sprovedena nelinearna regresiona analiza osrednjenih rezultata, radi uspostavljanja što bolje korelacije između promenljivih veličina. Kao regresione linije usvojene su kvadratna parabola, tzv. geometrijska kriva i eksponencijalna kriva. U tabeli 8 dati su parametri pomenutih regresionih linija.

Tabela 8.

Koeficijenti jednačina za nelinearnu regresiju

		$f_b - V_{15}$	$f_b - V_{21}$	$f_b - R_{15}$	$f_b - R_{21}$
$y = ax^2 + bx + c$	a	0.001	0.002	1.66	0.74
	b	-0.39	-0.61	-39.93	-22.48
	c	57.2	72.8	270.2	197.0
	r^2	0.81	0.95	0.80	0.93
	VGr	0.052	0.014	0.055	0.019
$y = ax^b$	a	187.8	307.1	1942.3	1841.0
	b	-0.405	-0.477	-1.710	-1.599
	r^2	0.81	0.93	0.77	0.94
	VGr	0.048	0.018	0.059	0.015
	S_f	3.2	2.1	3.5	1.9
$y = ae^{bx}$	a	58.5	60.6	210.0	185.1
	b	-0.008	-0.006	-0.171	-0.139
	r^2	0.84	0.89	0.77	0.93
	VGr	0.044	0.030	0.063	0.019
$y = ax + b$	r^2	0.81	0.87	0.77	0.91
	VGr	0.048	0.033	0.059	0.023



Sl. 4 — Krivolinijska veza između čvrstoće betona na pritisak i veličine kratera;
a) f_b - V_{15} , b) f_b - V_{21} , c) f_b - R_{15} , d) f_b - R_{21}

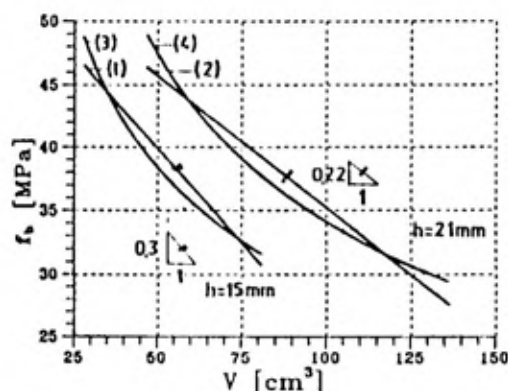
U tabeli su, takođe, prikazani koeficijenti korelacije posmatranih regresionih linija, kako radi međusobnog poređenja, tako i radi poređenja sa linearnom regresijom. U odnosu na pravolinijsku vezu, nelinearna regresija je dala, u većini slučajeva, poboljšanja merena povećanjem koeficijenta korelacije. Ovo povećanje je najizraženije kod kvadratne parabole (f_b - V_{21}) i iznosi 90% u odnosu na pravolinijsku vezu, dok u većini preostalih slučajeva iznosi od 0 do 40%. Iz tabele se još može zaključiti da je poboljšanje dobijeno nelinearnom regresijom, u većini slučajeva, približno jednako verovatnoj grešci koeficijenta korelacije (VGr) za linearnu vezu, iz čega proizilazi da linearna regresija sasvim dobro prikazuje dobijene rezultate. Ipak, izvesno po-

boljšanje pokazuje geometrijska kriva ($y=ax^b$) za slučajeve veće dubine postavljanja punjenja ($h=21$ mm), pa će se ona usvojiti pored pravolinijske veze za interpretaciju dobijenih rezultata. Na sl. 4 prikazana je krivolinijska veza ($y=ax^b$) između čvrstoće betona na pritisak (f_b) i otpornosti na dejstvo eksplozije, zajedno sa 95% granicama pouzdanosti.

Poređenje dobijenih rezultata

Na sl. 5 i 6 prikazane su predložene krive, kako radi poređenja dobijenih rezultata sa različitim dubinama postavljanja punjenja, tako i zbog samog poređenja prave i geometrijske krive, kao osnovnih predloga za traženu zavisnost.

Poredeći linije (1) i (2) jasno se uočava razlika između veličina zapremine za različite dubine postavljanja punjenja. Nagib linije (1) iznosi 0,3 MPa/cm³ izbačenog materijala, dok na-



Sl. 5 — Zavisnost između čvrstoće betona na pritisak i zapremine kratera; (1) f_b-V_{15} prava, (2) f_b-V_{21} prava, (3) f_b-V_{15} geometrijska kriva, (4) f_b-V_{21} geometrijska kriva

gib linije (2) iznosi 0,21 MPa/cm³, tako da je za raspon u čvrstoći betona od 16,5 MPa (30 — 46,5) postignut raspon u zapremini izbačenog materijala linije (2) od 78 cm³, dok kod linije (1) iznosi 55 cm³, tj. manji je za oko 40%.

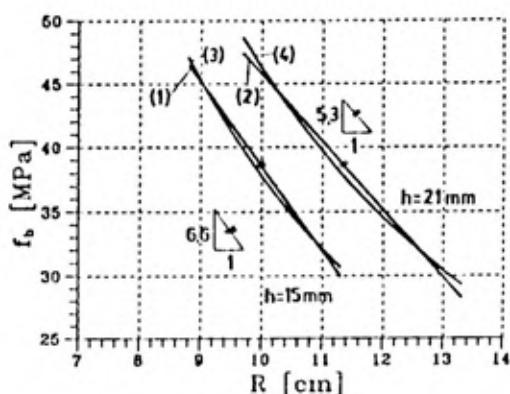
Srednja vrednost razlike zapremine iznosi ~ 30 cm³ (za $f_b=38$ MPa) izbačenog materijala, odnosno sa povećanjem dubine sa $h=15$ mm na $h=21$ mm, srednja zapremina kratera se povećava za oko 55%. Ta razlika je izraženija za niže čvrstoće betona i iznosi 42 cm³ za $f_b=30$ MPa, dok je kod viših čvrstoća (za $f_b=46,5$ MPa) 19 cm³. Međutim, stvarno povećanje zapremine je veće kod viših čvrstoća i ono iznosi 68%, dok je za niže čvrstoće povećanje zapremine manje i iznosi oko 50%. Dakle, veća dubina postavljanja punjenja ($h=21$ mm) daje nam veći raspon u zapremini izbačenog materijala, što pri istim ostalim uslovima omogućava preciznije određivanje čvrstoće betona.

Isti zaključak mogao bi se izvesti i za linije (3) i (4) — geometrijske kri-

ve, uz napomenu da u posmatranom rasponu one daju niže čvrstoće betona i da za srednju zapreminu kratera pri obe dubine postavljanja punjenja maksimalna razlika između geometrijske krive i prave ne prelazi 2 MPa, što je niža vrednost od standardne greške regresije za sve četiri linije.

Prema tome, iako su vrednosti čvrstoće betona koje daju geometrijske krive na strani sigurnosti, one se nalaze u okviru 95% granica pouzdanosti prave kao regresione linije, pa možemo zaključiti da prava sasvim zadovoljavajuće aproksimira dobijene rezultate.

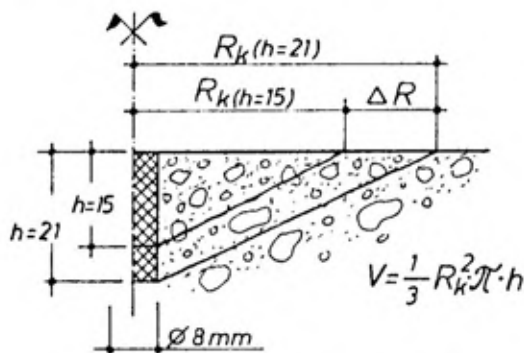
Istovetni zaključci mogu se izvesti i za vezu čvrstoće betona i prečnika kratera kao pokazatelja dejstva eksplozije.



Sl. 6 — Zavisnost između čvrstoće betona na pritisak i srednjeg prečnika kratera; (1) f_b-R_{15} prava, (2) f_b-R_{21} prava, (3) f_b-R_{15} geometrijska kriva, (4) f_b-R_{21} geometrijska kriva

Nagib linije (1) iznosi 6,6 MPa/cm prečnika formiranog kratera, dok je nagib linije (2) nešto manji i iznosi 5,3 MPa/cm. Za ostvareni raspon u čvrstoći od 16,5 MPa, postignut je raspon u prečniku kratera od 2,5 cm ($2R_k=8,8-11,3$ cm) za liniju (1), i 3,6 cm ($2R_k=9,7-13,3$ cm) za liniju (2). Razlika u prečnicima ($2\Delta R$), za srednju čvrstoću od 38 MPa, za linije (1) i (2) iznosi oko 1,5 cm, odnosno prečnik kratera za dublje otvore ($h=21$ mm)

jeste za oko 15% veći od prečnika kratera za pliće otvore ($h=15$ mm). Razlika u prečnicima za obe dubine postavljanja punjenja je izraženija kod nižih čvrstoća betona (za $f_b=30$ MPa, $2\Delta R=1,7$ cm) u odnosu na više čvrstoće (za $f_b=46,5$ MPa, $2\Delta R=1,1$ cm). Stvarno povećanje prečnika u odnosu na dubinu postavljanja punjenja približno je isto, bez obzira na nivo čvrstoće i iznosi pomenutih 15% i razlikuje se od stvarne promene zapremine koja je promenljiva u odnosu na nivo čvrstoće i do 18% (68—50). Jedan od razloga za to treba potražiti u kvadratnoj vezi zapremine (V) i prečnika kratera ($2R_k$), sl. 7.



Sl. 7 — Veza između prečnika i zapremine formiranog kratera

Uvodeći i linije (3) i (4) u diskusiju (geometrijske krive), može se izvesti isti zaključak kao kod zapremine kratera, uz napomenu da je maksimalno odstupanje između geometrijske krive i prave još manje nego kod zapremine kratera (~ 1 MPa), tj. da prava sasvim dobro aproksimira dobijene rezultate.

Primena zavisnosti između čvrstoće betona i prečnika kratera na značenje činioca otpornosti materijala

Proračun potrebne količine eksploziva za rušenje elemenata od betona i armiranog betona, prema odredbama

Uputstva za rušenja [13]_f (u daljem tekstu Uputstvo), vrši se po obrascu:

$$P = MZ \cdot h^3 \quad (2)$$

za sva koncentrisana eksplozivna punjenja, gde je:

- P — potrebna količina eksploziva u kg;
- M — činilac otpornosti materijala, tablična vrednost;
- Z — činilac začepljenja, tablična vrednost;
- h — računski linija otpora u metrima.

Činilac otpornosti materijala »M« trebalo bi da izražava osnovna svojstva materijala u pogledu njegovog kvaliteta, odnosno podataka na osnovu karakteristika čvrstoće materijala koji se posmatra. Uputstvo [13], daje vrednost koeficijenta »M« u zavisnosti od dužine računski linije otpora (h), i za $h < 0,5$ m, za beton i armirani beton M ima vrednost između 5 i 10. Vrednosti koeficijenta »M« date su još u zavisnosti od toga da li je beton armiran armaturom do 5% ili nearmiran, i da li je element koji se ruši opterećen ili neopterećen, (prema tabeli 9).

Po Uputstvu [13], potrebna količina eksploziva za rušenje elemenata od armiranog betona zavisi od procenta armature i njenog rasporeda u poprečnom preseku elementa na mestu rušenja, vrste eksplozivnog punjenja (spoljno, unutrašnje, kumulativno), vrste upotrebljenog eksploziva i mesta i načina njegovog postavljanja na element koji se ruši, kao i od oblika konstrukcije elementa.

Jedan od osnovnih pokazatelja kvaliteta betona jeste marka betona, koja se definiše kao »normirana čvrstoća pri pritisku u MPa, a zasniva se na karakterističnoj čvrstoći pri starosti betona od 28 dana« [16]. Za konstrukcije i elemente od betona danas se upotrebljavaju sledeće marke betona (MB): 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60. Pre-

Vrednosti činioca otpornosti materijala »M« za beton i armirani beton, za $h < 0,5 m$

Običan beton		Armirani beton sa armaturom do 5%	
neopterećen	opterećen	neopterećen	opterećen
5	7	8	10

ma [16], betoni iznad MB 60 su specijalni betoni, koji se mogu upotrebiti samo u posebne svrhe. Inače, ova granica je uslovna i menja se uporedo sa razvojem novih materijala u građevinarstvu. Tako su pedesetih godina betoni visoke čvrstoće smatrani betoni sa čvrstoćom iznad 35 MPa, šezdesetih godina proizvode se i primenjuju betoni čvrstoće 35 — 40 MPa, dok sedamdesetih čvrstoće već prelaze 60 MPa. Ilustracije radi, navede se osnovna podela klasičnih betona napravljenih na bazi portland cementa, standardnih agregata i dodataka u zavisnosti od postignute čvrstoće pri pritisku [15]:

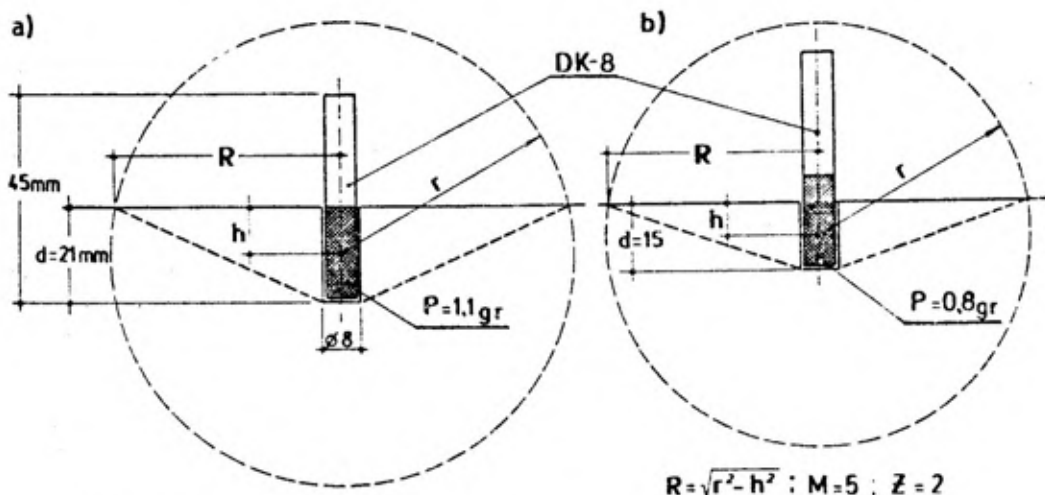
- normalne čvrstoće — do 50 MPa,
- srednje visoke čvrstoće — od 50 do 70 MPa;

— visoke čvrstoće — od 70 do 100 MPa, i

— izuzetno visoke čvrstoće — preko 100 MPa.

S obzirom na to Uputstvo [13] datira iz 1972. godine, i da su u njega ušeta rezultati na osnovu iskustava iz šezdesetih godina, može se pretpostaviti da kvalitet betona na koji se odnosi koeficijent »M« iz jednačine (2) odgovara čvrstoći betona između 30 i 40 MPa. Kako se danas koriste betoni 2 do 3 puta veće čvrstoće, to svakako ukazuje na potrebu uzimanja i ovog faktora u obzir prilikom određivanja činioca otpornosti materijala (M).

Ova pretpostavka može se ilustrirati korišćenjem rezultata određivanja čvrstoće betona pomoću malih eksplozivnih punjenja (MEP). U pomenutom



Sl. 8 — Geometrijski parametri pri određivanju čvrstoće betona pomoću MEP;
a) $d = 21 \text{ mm}$, b) $d = 15 \text{ mm}$

ispitivanju korišćeno je bušotinsko, nezačepljeno punjenje (užljebljeno), pri čemu je usvojen koeficijent začepljenja $Z=2$ (tabela 4 u [13]), i činilac otpornosti materijala $M=5$ (tabela 9), sl. 8.

Kako računaska linija otpora (h) predstavlja odstojanje od težišta eksplozivnog punjenja do one tačke do koje želimo ispoljiti dejstvo, a radius rušenja (r) odstojanje od težišta punjenja do one tačke u materijalu do koje je eksplozivno punjenje izvršilo razaranje, to zamenom $h=r$ u jednačini (2) možemo odrediti prečnik formiranog kratera kao posledicu dejstva ovako usvojenih MEP. Korišćenjem izvedene veze između čvrstoće betona i prečnika kratera (tabela 7, slike 3 c, d) i 95% granica pouzdanosti, mogu se odrediti odgovarajuće čvrstoće betona za koje važi jednačina (2), odnosno odgovarajući činilac otpornosti materijala »M«.

ta, jer je poznato da se za prednapreznje koriste betoni viših čvrstoća (45 MPa i više).

Mogućnost primene, prednosti i nedostaci metode

Osnovna namena ovog postupka sastoji se u proceni kvaliteta betona u gotovim konstrukcijama, kada iz nekih razloga, npr. nepristupačnost mesta ispitivanja, nije moguće primeniti već poznate metode. Takođe, ponekad je potrebno raspolagati podacima o čvrstoći u vrlo kratkom roku, pri čemu ovakav način ispitivanja može doći do punog izražaja. Naime, posle nastanka vanrednih događaja (npr. zemljotresi, požar, eksplozije) često je potrebno brzo i dovoljno pouzdano odrediti kvalitet betona, kako u neoštećenoj, tako i u delimi-

Parametri potrebni za procenu čvrstoće betona

Tabela 10.

	P(gr)	r(cm)	R(cm)	2R(cm)	procenjena f_c (MPa)
d=21 mm	1,1	4,8	4,7	9,4	44
d=15 mm	0,8	4,3	4,2	8,4	42

Dakle, u oba slučaja dejstva MEP, dobijena je čvrstoća betona koji se ruši nešto preko 40 MPa, što se i očekivalo s obzirom na to da su šezdesetih godina betoni normalne čvrstoće bili oko 30 MPa. Ova analiza ukazuje na zaključak da bi za rušenje betona čvrstoća preko 40 MPa trebalo da koriguje vrednost činioca otpornosti materijala »M« iz jednačine (2), jer primenom vrednosti datih u tabeli 9 možemo uspešno porušiti beton čija čvrstoća ne prelazi 40 MPa. Na ovakav zaključak navodi i podatak da Uputstvo [13] reguliše rušenje prednapregnutog betona prema odredbama za rušenje čeličnih elemenata

čeno oštećenoj konstrukciji. Postupak sa malim eksplozivnim punjenjima nudi prednosti u takvim situacijama, jer se može sprovesti vrlo brzo, pri čemu su dobijeni podaci odmah raspoloživi za dalju upotrebu.

Nije zanemarljiva ni mogućnost primene metode u vojnom građevinarstvu. Pored obučenog ljudstva za rad sa eksplozivnim materijama, vojska se lako može snabdeti opremom potrebnom za ispitivanje, pa je za potpunu primenu metode potrebno raspolagati i dijagramima zavisnosti čvrstoće betona od veličine formiranog kratera. Dakle, potrebno je unapred pripremiti dijagrame za različite vrste betona (u smislu raz-

ličitih vrsta agregata ili cementa) da bi se uz minimalno poznavanje karakteristika betona koji se ispituje mogao izvršiti izbor dijagrama, tj. sprovesti ispitivanje.

Prednost ove metode jeste da ispitivanje nema strogo površinski karakter (kao, npr. metoda sklerometra), već da se zona koja utiče na veličinu formiranog kratera prostire i do dubine 7—8 cm. Sličnu osobinu ima i metoda određivanja čvrstoće betona preko otpornosti na prodiranje, što postupak sa malim eksplozivnim punjenjima čini merodavnim i za ispitivanje zona u blizini betonske površine. Značaj koji ova zona ima na ukupnu nosivost elementa koji se ispituje doprinosi značaju same metode.

Osnovni nedostatak predložene metode svakako je i relativno veliko oštećenje betonske površine, prečnika 9—13 cm, koje se naknadno mora popravljati, kao i nemogućnost njene primene kod elemenata male debljine. Na osnovu sprovedenog eksperimenta, predlaže se da minimalna debljina elementa koji se ispituje ne bude manja od 20 cm (približno dve zone uticaja), kao i da minimalni razmak između dva ispitna mesta bude 20 cm, kako bi se izbeglo preklapanje zona uticaja. Najmanje odstojanje od ivice elementa, takođe bi trebalo ograničiti na 10 cm, dok bi uticaj blizine armature u odnosu na mesto ispitivanja trebalo naknadno ispitati.

Poredeći veličinu oštećenja betonske površine, pri primeni ove metode sa drugim metodama lokalne destrukcije [1], može se zaključiti da metode kao »pull-off«, otpornost na prodiranje ili LOK test imaju znatno manja površinska oštećenja, dok su oštećenja kod nekih varijanti »pull-out« testa (npr. prema GOST-u) i »break-off« metode istog reda veličine kao kod metode sa malim eksplozivnim punjenjima.

Zaključak

Ovaj rad govori o novom postupku koji za ispitivanje betona koristi mala eksplozivna punjenja [14]. Naime, iskorišćena je osnovna karakteristika dejstva eksplozije u neprekidnoj sredini da radijus dejstva eksplozije zavisi, kako od količine i vrste eksploziva, tako i od osobina sredine (npr. čvrstoće sredine na pritisak). Kako jedan takav postupak ne zahteva posebno projektovanu opremu, to je, usvajanjem osnovnih parametara, na osnovu probnih ispitivanja, izvedena tražena eksperimentalna zavisnost između čvrstoće betona i veličine kratera. Osnovna karakteristika tako dobijene veze sastoji se u tome da je ona, ipak, izvedena na osnovu malog broja uzoraka i da se može samo kao početni rezultat u konstituisanju metode. Razloge za nešto veće rasipanje pojedinačnih rezultata treba tražiti, pre svega, u malom broju uzoraka, varijaciji karakteristika agregata po serijama uzoraka, veličini maksimalnog zrna agregata od 32 mm, kao i neusavršenosti samog postupka ispitivanja.

Kako je ispitivanje sprovedeno ravnopravno sa dve dubine postavljanja punjenja ($d=21$ mm i $d=15$ mm), poredeći dobijene rezultate možemo izvesti sledeće zaključke: znatno bolju korelaciju dala su uzorci sa većom dubinom postavljanja punjenja, gde se koeficijent korelacije kretao oko 0,9, u odnosu na uzorke sa manjom dubinom gde je koeficijent korelacije iznosio oko 0,8 za sve posmatrane slučajeve. Razlog za to nalazi se, pre svega, u činjenici da su u površinskoj zoni betonskog elementa često skoncentrisani lokaliteti sa krupnim zrnima agregata koja imaju visoku čvrstoću, ali i slaba mesta u cementnom kamenu koja sadrže zarobljen vazduh, čije prisustvo može znatno povećati rasipanje rezultata. Međutim, na uzorcima sa većom dubinom postavljanja punjenja ($d=21$ mm) primećen je i veći stepen oštećenja na površini uzorka, kao i u izvesnom bro-

ju slučajeva pojava radijalnih pukotina sve do ivica betonskih kocki na kojima su vršena ispitivanja. Kod ovih uzoraka, u više slučajeva, drugo pucanje je potpuno razbijalo uzorak, pa takvi rezultati nisu uzimani u razmatranje. Dakle, dubina postavljanja punjenja od $d=21$ mm, iako daje manje rasipanje rezultata, znatnije oštećuje uzorak, pa bi za dalja ispitivanja trebalo ili povećati uzorak ili smanjiti dubinu postavljanja punjenja.

Dobijena veza između čvrstoće betona i prečnika kratera iskorišćena je za ilustraciju značenja činioca otpornosti materijala »M« iz formule za rušenje

betona prema Uputstvu za rušenje. Zaključeno je da činilac otpornosti materijala odgovara čvrstoći betona između 30 i 40 MPa, te da za rušenje betona viših čvrstoća (koje su, inače, u današnje vreme normalne čvrstoće u građevinarstvu), treba korigovati njegovu vrednost. Takođe, ovakav zaključak navodi na potrebu istraživanja značenja činioca otpornosti materijala za beton i druge vrste eksplozivnih punjenja (površinska, kumulativna), kao i na probe sa velikim eksplozivnim punjenjima, vodi određivanja uticaja čvrstoće betona na njegovu vrednost, a samim tim i na ukupne efekte rušenja.

Literatura:

- [1] Malhotra, V. M.: In situ/non-destructive testing of concrete, ACI SP-82, 1984.
- [2] Leščinskij, M.: Ispytanie betona — spravočnoe posobie, Strojizdat, 1980.
- [3] Pokrovskij, G., Fedorov, I.: Dejstvie udara i vzryva v deformiruemyh sredah Strojizdat, Moskva, 1957.
- [4] ... JUS H.D3.150: Detonatorske (rudarske) kapisle — tehnički uslovi za izradu i isporuku, Službeni list SFRJ br. 18/73.
- [5] Skarec, Z.: Rušenje, VIZ, Beograd, 1979.
- [6] Benguey, J.: The testing of concrete in structures, Surrey University Press, London, 1982.
- [7] ... ASTM Designation: C 803-90: Standard test method for penetration resistance of hardened concrete, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, p.449-452.
- [8] ... BS 6089: Guide to assessment of concrete strength in existing structures, British Standard Institution, London, 1981.
- [9] Malhotra, V. M.: Evaluation of the Windsor probe test for estimating compressive strength of concrete, Materials and Structures (RILEM, Paris), Vol. 7, No.37, jan-feb. 1974, p.3-15.
- [10] Malhotra, V. M.: Evaluation of the pullout test to determine strength of in situ concrete, Materials and Structures (RILEM, Paris), Vol. 8, No.43, 1975, p.19-31.
- [11] Chabowski, A. J., Bryden-Smith D.: Assessing the strength of in situ Portland cement concrete by internal fracture test, Magazine of Concrete Research, Vol.32, No.112, sept. 1980, p.164-172.
- [12] Bickley, J.: The variability of pullout tests and in-place concrete strength, Concrete International, april 1982, p.44-51.
- [13] ... Uputstvo za rušenje, SSNO UI, Beograd, 1972.
- [14] Cvetković, D.: »Ispitivanje betona metodama lokalne destrukcije sa osvrtom na određivanje čvrstoće betona pomoću malih eksplozivnih punjenja«, magistarski rad, Građevinski fakultet, Beograd, 1993.
- [15] Rajić, R.: »Betoni visoke čvrstoće«, Magistarski rad, Građevinski fakultet, Beograd, 1992.
- [16] ... Pravilnik BAB 87 o tehničkim normativima za Beton i Armirani beton, Beograd, 1987.

Dr Svetomir Minić,
ppuk. dipl. inž.

ISPITIVANJE MOTORNIH VOZILA — PRIRUČNIK (PRIKAZ KNJIGE)

U izdanju JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA MOTORE I VOZILA, objavljena je knjiga **ISPITIVANJE MOTORNIH VOZILA — PRIRUČNIK**, autora prof. dr Čedomira V. Duboke, dipl. inž. maš., i doc. dr Živana M. Arsenića, dipl. inž. maš. Autori su istaknuti naučnici — dugogodišnji saradnici Instituta za motorna vozila i nastavni radnici na Katedri za motorna vozila Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Zaslužni su za niz izvanrednih rezultata višegodišnjeg istraživanja i inženjerskog rada, koji su, u oblasti eksperimentalnih tehnologija, efektivnosti i logistike, razvoja informacionih sistema u održavanju vozila, i dr., ostvareni u Institutu u kojem se nalaze i Laboratorija za frikcione mehanizme i kočne sisteme (FRIMEKS) i Centar za efektivnost sistema i logistiku (CESIL).

Najvažnije aktivnosti Laboratorije su:

- naučnoistraživački rad u oblasti tribologije frikcionih materijala u uslovima suvog i mokrog trenja;

- istraživanje i razvoj novih spojnice i kočnice i njihovih frikcionih materijala za rad u uslovima suvog i mokrog trenja;

- istraživanja u okviru diplomskih, magistarskih i doktorskih radova;

- razvoj i konstrukcija probnih stolova za spojnice i kočnice;

- homologacija i kvalifikaciona ispitivanja frikcionih materijala za kočnice i spojnice.

CESIL je centar za unapređenje svih vidova univerzitetskog obrazovanja, naučnoistraživačkog i istraživačko-razvojnog rada u širokom području efektivnosti tehničkih sistema, odnosno u područjima inženjerstva sistema, pouzdanosti, održavanja, informatike, logistike, snabdevanja rezervnim delovima i srodnim oblastima, obuhvatajući teorije, ali i praktične, odnosno, inženjerske aspekte ove problematike. Oprema i programska podrška kojom raspolaže, programska i tehnička povezanost sa Računskim centrom Univerziteta u Beogradu, a preko njega i sa računarskim sistemom IBM, obezbeđuju CESIL-u sve potrebne uslove za rešavanje zadataka na nivou savremene nauke i tehnike.

Knjiga koju su autori posvetili eksperimentalnim metodama u tehnici motornih vozila predstavlja priručnik za ispitivanje motornih vozila koji sadrži preko dvadeset praktičnih uputstava za primenu različitih eksperimenata u tehnici motornih vozila. U knjizi je prikazana najsavremenija eksperimentalna tehnika, konkurentna i u najrazvijenijim zemljama sveta, koju poseduje Institut za motorna vozila Mašinskog fakulteta u Beogradu, a mogu je koristiti ne samo njegovi saradnici, već i studenti i drugi zainteresovani za

ovu oblast automobilske tehnike, pa zato ovaj priručnik zaslužuje pažnju šireg kruga čitalaca i u Vojsci Jugoslavije.

Priručnik za ispitivanje motornih vozila je rezultat dugogodišnjeg rada u ovoj oblasti, koji se odvija kao deo redovnih naučnoistraživačkih i razvojnih aktivnosti ovog instituta, već više od dvadesetpet godina i spada u red vrhunskih laboratorija, koja je postigla čak i vrednu afirmaciju međunarodnog značaja.

Ovaj priručnik predstavlja osnovu za unapređenje nastavnog procesa, posebno iz predmeta »Ispitivanje motornih vozila« i »Eksperimentalne metode«. S obzirom na opšti karakter većine opisanih primera, kao što su određivanje grešaka pri merenju, primena mernih traka ili induktivnih davača, i sl., Priručnik je značajan za oblast eksperimentalnih tehnologija i u drugim domenima mašinske tehnike i tehnike uopšte.

Autori su se opredelili za priručnički materijal u obliku koji omogućava korisniku da stekne i obnovi već savladana teorijska znanja o pojedinim problemima koji se rešavaju u sklopu primene najrazličitijih metoda. Data su praktična uputstva za sprovođenje eksperimenta, izvođenje merenja, obradu i analizu rezultata i formiranje izveštaja.

Priručnik ima edukativnu formu i jasan stil, a sistematičnim postupkom izloženi su primeri od jednostavnijih, preko složenijih, pa sve do vrlo specifičnih i komplikovanih metoda. Slično tome, sugerise se primena vrlo različitih mernih sistema, počev od najjednostavnijih serijskih mernih uređaja za direktno merenje i očitavanje rezultata merenja, pa do vrlo komplikovanih računarski podržanih sistema za akviziciju i obradu rezultata eksperimentisanja. Posebno je značajno da se čitaocu sugerise i »najbolji« način za obradu i prikazivanje rezultata, što može da ima veliki praktični značaj.

Priručnik za ispitivanje motornih vozila sastoji se od šesnaest celina, koje sadrže preko 20 različitih zadataka, odnosno konkretnih uputstava za primenu opitnih metoda različitog stepena složenosti — od najjednostavnijih postupaka identifikacije grešaka pri merenju do najsloženijih ispitivanja radnih opterećenja ili funkcionalnih karakteristika (performansi i pouzdanosti) pojedinih podsistema motornog vozila, kao složenog sistema. Kao što je rečeno, posebna pažnja poklonjena je raznovrsnosti merne tehnike koja se primenjuje pri takvim eksperimentima (standardni uređaji, kompleksna merenja primenom najsavremenije analogne i digitalne merne tehnike, računarski podržani sistemi za akviziciju i obradu rezultata merenja, i dr.).

Radi prikaza problema koji se rešavaju dajemo sadržaj Priručnika, a čitaocima ostaje da bolje upoznaju ovu veoma korisnu stručnu publikaciju.

Priručnik za ispitivanje motornih vozila sadrži šesnaest poglavlja pod sledećim naslovima:

- I Merenje i greške pri merenju,
- II Obrada rezultata ispitivanja,
- III Određivanje momenta inercije,
- IV Određivanje čeone površine motornih vozila,
- V Određivanje osnovnih dimenzija vozila,
- VI Eksperimentalno određivanje položaja težišta motornog vozila,
- VII Primena mernih traka za merenje napona istezanja/pritiska,
- VIII Merenje normalnih i tangentnih napona pri savijanju i uvijanju,
- IX Primena mernih traka pri kvazistatičkim merenjima,
- X Primena induktivnih davača pri merenju sile i pomeranja,
- XI Određivanje osnovnih karakteristika efikasnosti kočnog sistema,
- XII Merenje buke vozila,

XIII Određivanje radnih opterećenja kočnog sistema,

XIV Laboratorijsko ispitivanje performansi i pouzdanosti frikcionih spojnica,

XV Laboratorijsko ispitivanje performansi i pouzdanosti frikcionih kočnica,

XVI Merenje vremena odziva kočnog sistema motornih i priključnih vozila.

Osim kao udžbenik za studente Mašinskog fakulteta, ovaj priručnik može korisno poslužiti i studentima vojnih akademija, koji u svojim nastavnim planovima i programima izučavaju ovu materiju. Očekuje se da ovo izdanje zadovolji potrebe u nastavi, kao i potrebe stručnjaka, što se naročito odnosi na mlade inženjere i profesionalne oficire Vojske Jugoslavije, koji rade na problemima iz ove oblasti.

Razvoj i korišćenje savremenih tehničkih sistema za potrebe Vojske

Jugoslavije ne može se ni zamisliti bez sve većeg značaja eksperimentalnih tehnologija, sistemskog inženjerstva, inženjerstva održavanja tehničkih sistema i drugih tehničkih disciplina, kojima se, u vremenu ispred nas, moramo mnogo više baviti.

Institut za motorna vozila Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu sa svojim akumuliranim naučnim znanjima, metodologijama i iskustvima izazov je za nove sadržaje saradnje, kako u naučnoistraživačkoj, tako i u nastavnoj sferi, koja je potrebna Vojsci Jugoslavije, naročito tehničkim službama, vojnotehničkim institutima, tehničkim opitnim centrima, remontnim zavodima i vojnom školstvu. Priručnik za Ispitivanje motornih vozila može biti doprinos takvoj saradnji.

Obim knjige je 130 stranica i može se naručiti preko izdavača, na adresu: JUMV, 11000 Beograd, 27. marta 80, telefon: (011)3226-923.



prikazi iz inostranih časopisa

SAVREMENI ARTILJERIJSKI SISTEMI SA UVEĆANOM DUŽINOM CEVI*)

Na razvoju i proizvodnji artiljerijskih sistema najviše su radile SAD i njeni evropski NATO saveznici — V. Britanija, Nemačka, Italija i u manjoj meri Francuska i Španija. Tu, najčešće, spadaju tegljene (vučne) haubice M114 155 mm, M198 (SAD), FH-70 (zajednički razvoj V. Britanije, Nemačke i Italije), samohodne haubice serije M109 (SAD), MkF3 i GCT (Francuska). Većina tih sistema, posebno M114, M109, M109A1 i MkF3, smatrala se zastarelim početkom osamdesetih godina, pa je to bio i razlog da se pristupi njihovoj modernizaciji.

Od postojećih cevnih artiljerijskih sistema najsavremeniji imaju balističke karakteristike koje odgovaraju potpisanom dogovoru između zemalja NATO o jedinstvenoj balistici artiljerijskih oruđa 155 mm (dužina cevi 39 kalibara, zapremina barutne komore 18 l). Maksimalni domet iz takvih sistema običnim artiljerijskim projektilima je oko 24 km, a aktivno-reaktivnim projektilima do 30 km. Međutim, na Zapadu smatraju da te karakteristike ne odgovaraju savremenim zahtevima. Po-

četkom devedesetih godina odlučeno je da se pređe na novi sistem balističkih karakteristika (dužina cevi 52 kalibra, zapremina barutne komore 23 l) što bi dovelo do povećavanja dometa.

U zemljama koje ne pripadaju NATO sredinom sedamdesetih godina došlo je do pojave novih, dovoljno jednostavnih i pouzdanih artiljerijskih sistema koji su po karakteristikama, a pre svega balističkim, prevazilazili tada postojeće američke i zapadnoevropske artiljerijske sisteme. Njihova osobenost bila je u tome da su imali cevi dužine 45 i više kalibara, što je, zavisno od vrste artiljerijskog projektila, omogućilo maksimalni domet 30 do 40 km.

Takvom skoku u razvoju artiljerijskih oruđa doprinela je inicijativa talentovanog konstruktora Dž. Bula i njegovih kolega koji su vodili kanadsku firmu SPACE RESEARCH CORPORATION. U većoj ili manjoj meri svi najveći proizvođači artiljerijskog naoružanja koristili su rešenja konstruktora Bula. Neka artiljerijska oruđa i njihovi kasniji analogi, dela konstruktora Bula, smatraju se i danas kao najbolja artiljerijska oruđa u svetu.

Taj proces počinje šezdesetih godina, kada je institut za kosmička istraživanja, kojim je rukovodio Bul, pristupio radovima na programu HARP, za istraživanje gornjih slojeva atmosfere, uz finansijsku podršku SAD i Ka-

* Prema podacima iz časopisa ZARUBEZNOE VOENNOE OBOZRENIE, 3/94.

nade. Ovim programom je predviđan razvoj uređaja topovskog tipa za lansiranje manjih satelita u orbitu oko Zemlje. Bila su konstruisana tri tipa »supertopa« sa korišćenjem cevi oruđa kalibra 406 mm, skinutih sa američkih bojnih brodova iz perioda Drugog svetskog rata. Najveći top ima dužinu cevi oko 50 m, koji je obezbeđivao lansiranje projektila mase do 2 t na visinu od 180 km.

Nagli razvoj raketne tehnike smanjio je interesovanje vojnih stručnjaka SAD i Kanade za oruđa navedenog tipa, pa je od 1967. godine prekinuto finansiranje programa. Posle toga je Dž. Bul osnovao kompaniju SPACE RESEARCH CORPORATION koja je, pored ostalih, rešavala i zadatke u vezi sa razvojem cevne artiljerije. Krajem šezdesetih i početkom sedamdesetih godina korporacija je počela radove na razvoju novog artiljerijskog sistema sa povećanim dometom i municije za novo oruđe.

Konstrukcija ovog oruđa tekla je, uglavnom, po tradicionalnim konstruktivnim principima, izuzev zapremine barutne komore, dubljih oluka sa povećanim korakom i duže cevi. Artiljerijski projektil u razvoju nije imao analoga.

Pretpostavljalo se da će projektil sa poboljšanim aerodinamičkim oblikom imati početnu brzinu od 800 m/s, pa i veću, a njegova dužina bila bi 6 kalibara. Projektil, praktično, ne bi imao cilindrični deo, a umesto centrirajućeg zadebljanja imao je centrirajuće ispuste. Pored toga, izmenjen je oblik vodećeg pojasa koji je imao povećanu čvrstoću. Takva konstruktivna poboljšanja omogućila bi da se smanji čeon otpor vazduha, pa bi se time domet povećao za 12 do 15%. Za smanjivanje otpora dna projektila može se koristiti upuštanje dna, što doprinosi povećanju dometa još za 5 do 8%. Korišćenje principa »base bleed« (ispuštanje gasova kroz dno projektila) omogućuje, praktično, eliminaciju otpora dna

projektila i povećanje dometa za 15% (projektil ERFB-BB). U optimalnoj varijanti ukupni dobitak u dometu je 25 do 30%, ali je za postizanje tog dometa potrebno povećati dužinu cevi najmanje na 45 kalibara. U protivnom, neće se postići značajniji porast početne brzine projektila. Osnovni nedostaci ovih projektila su smanjivanje veka cevi i određena ograničenja tipova projektila zbog povećanja preopterećenja u cevi oruđa. Danas se koriste parčadno-razorni i kasetni projektili poboljšanog aerodinamičkog oblika.

Vučni top-haubica 155 mm, koji je dobio naziv GC-45, imao je cev dužine 45 kalibara koja je obezbeđivala maksimalni domet projektila ERFB-BB od 39 km.

Bez obzira na to što je vučni top-haubica 155 mm predstavljao uspešnu konstrukciju, smatra se da je za masovnu proizvodnju potrebno izvršiti određene dorade. Predstavljeni tip nije odgovarao svim evropskim standardima za vučna artiljerijska oruđa i nije bio besprekoran sa aspekta ergonomskih zahteva.

U ovom prikazu najviše će biti reči o postojećim artiljerijskim sistemima sa povećanom dužinom cevi (45 i više kalibara) i onima koji će za dve-tri godine možda ući u naoružanje snaga KoV raznih zemalja, uz postojanje određenih uslova.

Austrija

Austrijska firma NORICUM, u periodu 1979. do 1990, proizvodila je vučni top-haubicu GN N-45 155 mm. Početkom devedesetih godina brazilska firma ENGESA kupila je licencu za proizvodnju ovog oruđa, pa nije isključena mogućnost da se kasnije pojavi u KoV Brazila i drugih zemalja. Ovaj top-haubica dobro je ocenjen u toku iračko-iranskog rata i u borbi Iraka u Persijskom zalivu. Predstavlja znatno poboljšanu varijantu artiljerijskog sis-

tema GC-45 155 mm. Rekonstruisan je donji lafet (povećana čvrstoća i smanjena masa), dodate su dopunske oslone ploče (podloge), iskorišćen novi donosač metka i olakšan mehanizam za uravnoteženje.

Cev oruđa izrađena je od čelika velike otpornosti dobijenog metodom električnog prečišćavanja pod troskom, autofretovana je i ima dužinu 45 kalibara. Top-haubica može da koristi svu postojeću standardizovanu NATO municiju. Maksimalni domet projektila ERFB-BB je 39,6 km, a vek cevi je 1.500 ispaljenih metaka sa punim punjenjem. Srednje odstupanje rasturanja pogodaka pri gađanju na maksimalni domet je 0,35% po daljini i 0,007% po pravcu.

Zatvarač oruđa je poluautomatski klipni i omogućuje brzinu gađanja od 6 do 7 metaka/min u toku 15 minuta pri svim uglovima elevacije. Konstruktori tvrde da pri maksimalnom dometu sa maksimalnom brzinom gađanja postoji mogućnost da se opali oko 10 metaka pre nego što prvi projektil dostigne cilj. Normalni tempo gađanja je 2 metka/min.

Maksimalna brzina vuče topa-haubice GHN-45 je oko 90 km/h putevima sa asfaltnim zastorom, 50 km/h po zemljanim putevima i 15 km/h po pesku. Za vuču se koristi kamion nosivosti 10 t, sa formulom točkova 6x6.

Pored tradicionalne vučne varijante austrijski stručnjaci su razvili i varijantu sa pomoćnim pogonskim uređajem koji pokreće točkove. Kao pogonski uređaj služi četvoro-cilindrični motor PORSHE, snage 92 kW, ugrađen u prednjem delu donjeg lafeta. Konstrukcijom ovog oruđa predviđena je mogućnost korišćenja pogonskog uređaja za rad mehanizama za navođenje po vertikalni i horizontalni, spuštanje osnovnih i pomoćnih oslonih ploča, a i mehanizma za dodavanje municije na koritasti klizač za punjenje oruđa. Kretanjem se može upravljati, kako sa specijalnog pulta, smeštenog na oruđu, ta-

ko i iz kabine vučnog vozila. Prilikom savlađivanja teško prohodnog zemljišta vučnom vozilu se može pomoći uključivanjem sopstvenog pomoćnog pogona oruđa.

Zahvaljujući postojanju dopunskog pogona znatno je skraćeno vreme za prevođenje oruđa iz marševskog u borbenu i obratno, pojednostavljen je i sam postupak prevođenja (u slučaju nužde mogu je obaviti dva člana posluge), a omogućuje se i brža promena vatrenog položaja sopstvenim hodom oruđa. Maksimalna brzina sa sopstvenim pogonom je 35 km/h, a autonomija kretanja 150 km u uslovima kretanja asfaltiranim putevima i do 100 km preko ispresecanog zemljišta.

Israel

Izraelska firma SOLTAM, koristeći kao osnovni model vučnu haubicu M-71 155 mm sopstvene konstrukcije, početkom osamdesetih godina predstavila je novu vučnu artiljerijsku haubicu 155 mm, model 845P, koja je razvijena uz učestvovanje nekoliko južnoafričkih firmi. U odnosu na ranije proizvode firme SOLTAN razlika je u korišćenju autofretovane cevi-monobloka dužine 45 kalibara sa izbacivačem, čime je omogućeno gađanje artiljerijskim projektilima poboljšanog aerodinamičkog oblika sa maksimalnim dometom od 39,6 km.

Samohodna haubica RASCAL, prema mišljenju mnogih stručnjaka, bila je razvijena radi izvoza u one zemlje u kojima nije bilo moguće koristiti teške i glomazne artiljerijske sisteme 155 mm. Pri razvijanju ovog oruđa odlučeno je da se izbegnu kupola i kazamatski tip oruđa i da se vrati na varijantu američkih samohodnih sistema M107 i M110. Pri tome je smanjen i ukupni nivo oklopne zaštite, pa je dobijena veoma laka haubica (20 t) i najmanja po dimenzijama između postojećih samohodnih sistema 155 mm.

Drugi tip haubice — SLAMMER razvijen je na bazi modernizovane šasije tenka MERKAVA, a artiljerijsko oruđe postavljeno je u potpuno oklopljenu kupolu. Cev i protivtrzažni uređaj su identični kao i kod vučne haubice Model 845P. Zatvarač je poluautomatski klinastog tipa, a predviđena je mogućnost automatskog donošenja kapsli.

Zahvaljujući postojanju automata za punjenje topa projektila (barutna punjenja se uvode ručno), maksimalna brzina gađanja je 9 metaka/min, a prva tri metka opale se u toku 15 s. Za obavljanje svih operacija potrebna su samo dva člana posade, a svi sistemi imaju ručno dubliranje, čime je obezbeđena brzina gađanja od 4 metka/min sa tri člana posade. Borbeni komplet municije je 75 metaka, a mogu se koristiti sve vrste municije 155 mm. Samohodna haubica SLAMMER ima ugrađenu elektronsku opremu za obradu podataka za upravljanje procesom punjenja i rešavanja navigacijskih zadataka. Predviđena je zaštita ljudstva od dejstva oružja za masovno uništenje. Konstruktori tvrde da se u slučaju potrebe cev dužine 45 kalibara može zamijeniti sa cevi dužine 52 kalibra.

Konačno rešenje o početku serijske proizvodnje zavisi od toga koja će haubica (SLAMMER ili modernizovana američka M109) dobiti prednost, ali u svakom slučaju znatna prednost se daje prvoj haubici.

Stručnjaci firme SOLTAM predlažu da se iskoristi artiljerijski deo samohodne haubice SLAMMER i automat punjenja za modernizaciju zastarelih američkih samohodnih haubica M44, M109A2 i M109A3.

Irak

Proizvedena su dva samohodna artiljerijska sistema sa poboljšanim balističkim osobinama: samohodni top MAJNUN 155 mm i samohodno oruđe

210 mm EL FAO. Oba sistema koriste šasije na točkovima sa formulom 6x6. Samohodno oruđe 210 mm je jedinstveno oruđe tog kalibra u svetu (ruska oruđa nisu uzeta u razmatranje u ovom prikazu). Njegov je razvoj diktiran potrebom razvoja sistema koji će po vatrenoj moći znatno prevazilaziti američki samohodni top M107 175 mm koji je bio u naoružanju KoV Irana. Prvi put su oba oruđa prikazana na izložbi vojne opreme u Bagdadu 1989.

Irak nije koristio ova artiljerijska oruđa u zalivskom ratu. Za sada nema nikakvih podataka o serijskoj proizvodnji novih sistema. Postoje indicije da su dalji radovi zamrznuti.

Ovi tipovi samohodnih artiljerijskih sistema imaju identične hodne delove, mesto vozača je pomereno daleko napred, motorska grupa je smeštena iza njegovih leđa (motor proizvodi firma MERCEDES BENZ, snage 412 kW). Ovakav konstruktivni raspored obezbeđuje dovoljno široki sektor za osmatranje pri upravljanju samohodnim vozilom. Odeljenje vozača je izolovano od borbenog odeljenja gde su smešteni ostali članovi posade.

Kupola je ugrađena u zadnjem delu tela vozila; sa leve i desne strane se nalaze dva ulazna otvora, a jedan veliki otvor za utovar municije nalazi se na zadnjoj strani kupole. Za izlazak članova posade u slučaju nužde na donjem delu tela vozila postoje dva manja otvora.

Samohodna haubica MAJNUN ima cev 155 mm dužine 52 kalibra sa izbacivačem i gasnu kočnicu sa poprečnim prorezima. Osnovno naoružanje samohodnog oruđa EL FAO je top 210 mm sa dužinom cevi od 53 kalibra, takođe sa izbacivačem i dvokomornom jednorednom gasnom kočnicom. Kod oba sistema nišanske sprave za neposredno nišanje su sa leve strane oruđa.

Predviđeno je da oba oruđa koriste municiju ERFB i ERFB-BB koju već duže vremena koriste u KoV Iraka kao osnovni borbeni komplet topo-

va-haubica GH N-45 i G-5. Taktičko-tehničke karakteristike haubica MAJ-NUN i EL FAO date su tabelarno.

Najinteresantnija stranica delatnosti SPACE RESEARCH CORPORATION je istorija nezavršenog projekta »Veliki Vavilon« koji se odnosi na konstrukciju supertopa, koji je trebalo da gađa teritoriju Irana, a zatim izraelske gradove. Autor projekta bio je Dž. Bul, dužina oruđa trebalo je da bude 160 m, a kalibar 350 mm. Tako je posle 30 godina Dž. Bul pokušao da završi rad, započet početkom šezdesetih godina u okviru projekta HARP. Stručnjaci smatraju da su osnovni problemi konstrukcije tog oruđa bili rešeni. Moglo bi se jedino diskutovati o njegovoj svrsishodnosti, ali konačna mogućnost realizacije projekta bila je bez svake sumnje. Za vreme rata u persijskom zalivu protivnička avijacija je 200 km od Bagdada otkrila nezavršene radove na supertopu. Izgleda da je za puni završetak Iraku nedostajalo i vremena i novaca.

Spanija

Godine 1985. španska firma SITEKSA, uz aktivno učestvovanje SPACE RESEARCH CORPORATION, razvila je sopstveni vučni sistem 155 mm sa dužinom cevi od 45 kalibara.

Ovaj artiljerijski sistem smatra se kao znatno poboljšana varijanta vučnog topa-haubice GC-45 155 mm. Pri konstrukciji su primenjena najnovija tehničko-tehnološka dostignuća i u odnosu na GC-45 ima 30% sastavnih elemenata manje.

Tehnološki proces izrade cevi je poboljšan, a autofretovanje je vršeno mehanički, što nije karakteristično za artiljerijske sisteme koji su rađeni na Zapadu. Takođe se odustalo od tradicionalnih oluka sa stalnim korakom i primenjen je ruski način izrade sa progresivnim korakom. U tom slučaju dubina oluka je 1,6 mm, što je nešto ve-

ća dubina nego kod cevi 155 mm koje imaju oruđa NATO. Korišćenjem novih, specijalno razvijenih barutnih punjenja za ovo oruđe, vek cevi je povećan na 3.000 — 4.000 metaka.

Nova autofretovana cev 155 mm omogućuje korišćenje artiljerijskih projektila poboljšanog aerodinamičkog oblika ERFB-BB i standardnih projektila NATO. Maksimalni domet parčadno-razornim projektilima je 24 km, projektilima ERFB — 30 km, a ERFB-BB — 39,6 km.

Ispitivanje su mogućnosti korišćenja klipnih i klinastih zatvarača. U to vreme prioritet je dat klinastom zatvaraču sa zaptivanjem čaure, slično kao na vučnom topu M46 130 mm ruske proizvodnje. Klipni zatvarači se smatraju manje pouzdanim pri korišćenju u nepogodnim klimatskim uslovima. Radi donošenja odgovarajuće odluke vršena su ispitivanja oba tipa zatvarača za vreme iračko-iranskog rata. U konstrukciji gornjeg lafeta ima, takođe, promena koje se konkretno odnose na mehanizam za uravnoteženje. Razvijeni su novi protivtrzaajući sistemi koji omogućavaju promenu dužine trzanja, zavisno od ugla elevacije oruđa.

Na novom oruđu, u zadnjem delu kolevke, postavljen je mehanizam donosača metka pneumatskog tipa, analogan onom koji se koristi na američkoj samohodnoj haubici M109A2/A3 155 mm, dok se boca sa komprimovanim vazduhom nalazi pričvršćena na levom kraku lafeta. Maksimalna brzina gađanja je 5 metaka/min za prvih 60 s otvaranja vatre, a 2 metka/min u dužem vremenskom periodu.

Pri rekonstrukciji donjeg lafeta postavljeni su dodatni ašovi za povećavanje stabilizacije pri gađanju sa rastresitog zemljišta (peska), poboljšana je konstrukcija sprave za davanje pravca i, zahvaljujući uređaju za pomoćni hidraulički pogon, poboljšan je postupak razdvajanja krakova, pa je sma-

Usporedni podaci za haubice MAJNUN i
EL-FAO

	Majnun	EL-FAO
Formula točkova	6 x 6	6 x 6
Masa u borbenom stanju (kg)	43.000	48.000
Dimenzije (m)		
ukupna dužina	12	15
širina	3,5	3,6
visina	3,6	3,6
Brzina (km/h)		
maksimalna	90	90
po ispresecanom zemljištu	60—70	60—70
Dužina cevi (m)	8,06	11,13
Broj oluka	48	64
Uglovi navođenja (stepeni) u horizontalnoj ravni u vertikalnoj ravni	0—72 80	0—55 80
Maksimalna brzina gađanja (metaka/min)	4	4
Kalibar parčadno-ra-zornog projektila (mm)	155	210
Početna brzina (m/s)	889—900	992—997
Domet (km)	30,2—38,8	45—57,3

njeno vreme prevođenja iz marševskog u borbeni položaj (do 4 minuta) i nešto je poboljšana ergonomija procesa prevođenja iz jednog u drugi položaj.

Posle izrade prototipa vučnog topa-haubice 155/45 ST 155 mm radi se na razvoju novog lafeta koji omogućava ugradnju novih protivtrajućih sistema i cevi dužina 39 kalibara sa zapreminom barutne komore od 18 l; 45 ili 52 kalibra sa komorom zapremine 23 l; 50 kalibra sa zapreminom barutne komore 23 l.

Konstrukcija lafeta vučne haubice 155 mm predviđa, u slučaju potrebe, mogućnost da se na prednji donji deo lafeta ugradi pomoćni motor snage 125 kW (dizel sa vazдушnim hlađenjem). Tada bi se vučni top-haubica sopstvenim pogonom mogao kretati brzinom od 35 km/h i savladivati uspone do 40°.

Pored toga, mehanizuje rastavljanje i sklapanje krakova lafeta i spuštanje oslone platforme.

Sada firma SITEKSA radi na razvoju vučnog sistema 203,2 mm za koji se koristi lafet vučnog topa-haubice 155/45 ST, kalibra 155 mm. Razvoj se obavlja bez obzira na to što stručnjaci SAD i NATO smatraju da su oruđa kalibra 203,2 neperspektivna i postepeno ih povlače iz naoružanja.

Predviđa se da bi domet projektila mase 88 kg (parčadno-razorni), sa cevi dužine 45 kalibara, bio 40 km, a domet projektila koji ima optimalni aerodinamični oblik sa isticanjem gasova kroz dno (base bleed) bio bi 50 km.

— nastaviće se —

P Marjanović

RUSKA SAMOHODNA HAUBICA-MINOBAČAČ NONA-SVK*)

Teško je pretpostaviti dejstvo pešadije u savremennim uslovima boja bez vatrene artiljerijske podrške — minobacačke, topovske i haubičke. Svako od ova tri pomenuta artiljerijska oruđa rešava specifične zadatke prilikom uništavanja različitih vrsta ciljeva. Tako se minobacači najefikasnije koriste za uništenje žive sile protivnika koja se nalazi u prirodnim ili veštačkim zaklonima. Za borbu protiv pokretnih oklopnih ciljeva koriste se protivoklopni topovi.

Zbog toga su ruski konstruktori konstruisali jedinstveni artiljerijski sistem 2S9 koji obuhvata svojstva i minobacača i haubice, a ima naziv NONA. Od 1981. godine samohodno oruđe NONA-S, na bazi oklopnog transportera na gusenicama BTR-D, počelo je da u-

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj—jun 1994.

lazi u naoružanje vazdušnodesantnih snaga i posebno se pokazalo u borbama u Avganistanu. Cev oruđa, podignuta skoro vertikalno, rešavala je u planinama zadatke koje nisu mogli da rešavaju topovi i haubice.

Na osnovu iskustava iz Avganistana, za snage KoV bilo je razvijeno, a 1986. ušlo u naoružanje, vučno oruđe 2B16 120 mm pod nazivom NONA-K. Za poboljšanje stabilnosti oruđa prilikom gađanja ugrađena je dizalica. Za razliku od samohodne varijante cev ima gasnu kočnicu koja apsorbuje i do 30% energije trzanja. Formacijsko vozilo za vuču oruđa 2B16 120 mm je kamion GAZ-56, ali to može da obavlja i UAZ-469.

Sledeći korak u razvoju bila je izrada na bazi 2S9 samohodnog oruđa za snage KoV koje je dobilo naziv NONA-SVK. Ova varijanta samohodnog artiljerijskog oružja ušla je u naoružanje vojske 1990. pod oznakom 2C23.

NONA-SVK namenjena je za rešavanje više borbenih zadataka: uništenje i neutralisanje vatrenih sredstava protivnika, njegove žive sile, kako na otvorenom prostoru, tako i u zaklonima poljskog tipa, uništenje artiljerijskih i minobacačkih baterija, raznih oklopnih ciljeva, lansirnih rampi i komandnih mesta. Oruđe 2C23 može se koristiti u različitim meteorološkim uslovima pri temperaturama od -50°C do $+50^{\circ}\text{C}$.

Kao osnova za samohodno artiljerijsko oruđe NONA-SVK koristi se šasijski amfibijskog oklopnog transportera BTR-80, koju pokreće dizel-motor sa velikim brojem obrtaja i sa vodenim hlađenjem, snage 192 kW. Vozilo ovog samohodnog artiljerijskog oruđa ima 4 osovine sa svim pogonskim točkovima, može iz pokreta da savlađuje rovove i tranšeje širine do 2 m i vertikalni zad visine do 0,5 m. Telo vozila konstruisano je po principu čamca i izrađeno je od čeličnih oklopnih ploča. Oslanja-

nje vozila je nezavisno, torzionog tipa sa teleskopskim amortizerima dvostranog dejstva. Autonomija vožnje na putu je 600 km, a na vodi, pri normalnom radu motora, 12 časova. Maksimalna brzina vozila na putu je 80 km/h.

U toku borbenih dejstava, kada je vremenski faktor odlučujući, vozilo može iz pokreta da forsira vodenu prepreku, ne tražeći pogodno ili uređeno mesto za prelazak sa kopna na vodu. Snažni motori na vodomlazni pogon obezbeđuju maksimalnu brzinu preko vode od 9 km/h.

Na vozilu je ugrađeno oruđe 2A60 koje se sastoji od izolucene cevi sa zatvaračem, kolevke sa branikom od legure aluminijuma i magnezijuma, protiv trzajućeg mehanizma i mehanizma za podizanje cevi topa po elevaciji. Zatvarač je kombinovan sa klinastim mehanizmom za bravljenje i poluautomatskog je dejstva, a ima i plastični zaplivač barutnih gasova.

Osobenost mehanizma za bravljenje zatvarača je cilindar sa ramom koji obavlja ulogu donosača metka, pa to omogućuje puniocu da ne troši mnogo truda za punjenje cevi oruđa. To je, u stvari, robotizovani uređaj koji zamenjuje čovečiju ruku, što je od posebne važnosti pri gađanju većim ili graničnim uglovima elevacije, kada je cev oruđa uperena skoro vertikalno. Za kočenje trzajućih delova koristi se hidraulična kočnica trzanja vretenastog tipa sa opružnim kompenzatorom. Pneumatski povratnik sa hidrauličnim bravama vraća trzajuće delove posle opaljivanja metka u prvobitni položaj i tako ih drži pri svim uglovima elevacije.

Samohodno oruđe NONA-SVK ima dovoljno snažnu pneumatsku opremu. Pritiskom na jedno dugme na pultu punilac stavlja u pogon »mehaničku ruku« donosača metka. Pri tome se aktivira elektrovazdušni ventil i komprimirani vazduh ulazi u komoru cilin-

dra, potiskuje ga napred, metak se u vodi u cev, a zatvarač se zabravi.

Pneumatska oprema obavlja još jednu važnu funkciju. Posle opaljivanja metka u trenutku otvaranja zatvarača cilindar sa ramom se odbacuje nazad, deo komprimiranog vazduha prinudno ulazi u ležište metka u cevi i u toku 1—2 sekunde ga prodivava snažnim mlazom, izbacujući barutne gasove u atmosferu. Na taj način deo barutnih gasova ne prodire u borbeno odeljenje vozila, pa članovi posade mogu da dejstvuju u čistoj atmosferi bez barutnih gasova. Za bezbedno dejstvovanje na kontaminiranom zemljištu u vozilu je ugrađen uređaj za prečišćavanje vazduha i ventilaciju.

U borbeni komplet municije samohodnog oruđa spadaju artiljerijski meci sa parčadno-razornim i kumulativnim projektilima, a i sa artiljerijskim minama parčadno-razornog, osvetljavajućeg, dimnog i zapaljivog dejstva. Uspešno ukomponovanje unutrašnje opreme omogućilo je da se u srednjem delu borbenog odeljenja smesti znatna količina municije: 30 metaka i dva metalna sanduka sa dodatnim barutnim punjenjima.

Oruđe je namenjeno za gađanje parčadno-razornim projektilima koji već imaju gotove oluke (žlebove). Za razliku od mina, njihov let po putanji se stabilizuje rotiranjem. Prema efektima dejstva oni odgovaraju haubičkim projektilima 152 mm, a po svojoj moći prevazilaze sve danas poznate strane analoge kalibra 120 mm. Jednovremeno oruđe je u stanju da gađa parčadno-razornim minama, računajući i mine strane proizvodnje, uključujući i mine za francuski minobacač PT-61.

Kakve su borbene mogućnosti oruđa 120 mm? Maksimalni domet gađanja parčadno-razornim projektilom je preko 8,7 km, a parčadno-razornom minom 7,1 km. Početna brzina parčadno-razornog projektila je oko 367 m/s., a kumulativnog 560 m/s. Minimalni domet za projektil je 1,72 km, a za

minu 0,4 km. Dovoljno visoka i maksimalna nišanska brzina gađanja oruđa je 8—10 metaka/min pri gađanju pripremljenim artiljerijskim mecima sa zaklonjenog vatrenog položaja.

Na ovom samohodnom oruđu postavljena je kupola, potpuno zavarena od čeličnih oklopnih ploča. U prednjem čeonom delu postoji otvor za oruđe. U desnom delu gornjeg dela kupole nalazi se otvor za punioca sa elementima učvršćenja, a sa leve strane je turela komandira sa spravama za osmatranje TNPO-115.

Na krovu komandirske turele ugrađen je mitraljez PKT. 7,62 mm. Njegova brzina gađanja iznosi 500—600 metaka/min, a borbeni komplet municije sadrži 5000 metaka. Mitraljez je povezan polugom sa nišanskom spravom TKN-3A, tako da je moguće gađati precizno sa daljinskim upravljanjem iz turele. Dodatno naoružanje ovog samohodnog oruđa su 4 automatske puške AKS-74, dva prenosna protivavionska raketna sistema IGLA-1, 15 ručnih bombi F-1 i 20 crvenih i zelenih signalnih raketa 30 mm. Sa leve i desne spoljašnje strane kupole ugrađeni su bacači dimnih bombi sa 6 dimnih bombi 3D6. Bacači dimnih bombi omogućuju da ovo samohodno oruđe dejstvuje skriveno čak i na otvorenom zemljištu, čime se znatno poboljšavaju taktičke karakteristike samohodnog oruđa NONA-SVK.

Unutrašnji prostor kupole i srednje odeljenje vozila sačinjavaju borbeno odeljenje u kojem su smeštena borbena mesta komandira, nišandžije i punioca, oruđe 2A60, borbeni komplet municije, sprave za nišanje i navođenje, pneumatska i električna oprema.

Posebno se navodi univerzalnost i fleksibilnost taktičke primene samohodnog oruđa NONA-SVK. Na primer, porazivši direktnim gađanjem oklopni cilj, NONA-SVK može se, za nekoliko

sekundi, preobratiti u minobacač. Kombinacija karakteristika minobacača i haubice obezbeđuje snažnu vatrenu podršku motostreljačkih jedinica u svim vidovima boja. Vojni stručnjaci smatraju da su vatrene mogućnosti jedinica, naoružanih samohodnim oruđima NONA-SVK, za 1,7 puta veće od analognih jedinica sa vučnim minobacačima 2S12.

Ovo samohodno oruđe ima uređaj za podizanje artiljerijskih projektila ili mina sa zemlje, čime se znatno poboljšavaju borbene mogućnosti NONA-SVK. U marševskom položaju ovaj uređaj se pričvršćuje sa desne strane oko bočnih vrata.

U unutrašnjosti oklopnog tela smešteni su podsklopovi, agregati, mehanizmi i detalji. Jedni su objedinjeni u automatske ili automatizovane sisteme, dok drugi funkcionišu samostalno. Pri projektovanju NONA-SVK vođeno je računa o preporukama ergonomije i inženjerske psihologije, kako bi se u ograničenom prostoru članovi posade što manje zamarali i mogli dugo, tačno i pouzdano da obavljaju svoje dužnosti. NONA-SVK opremljena je sistemom za

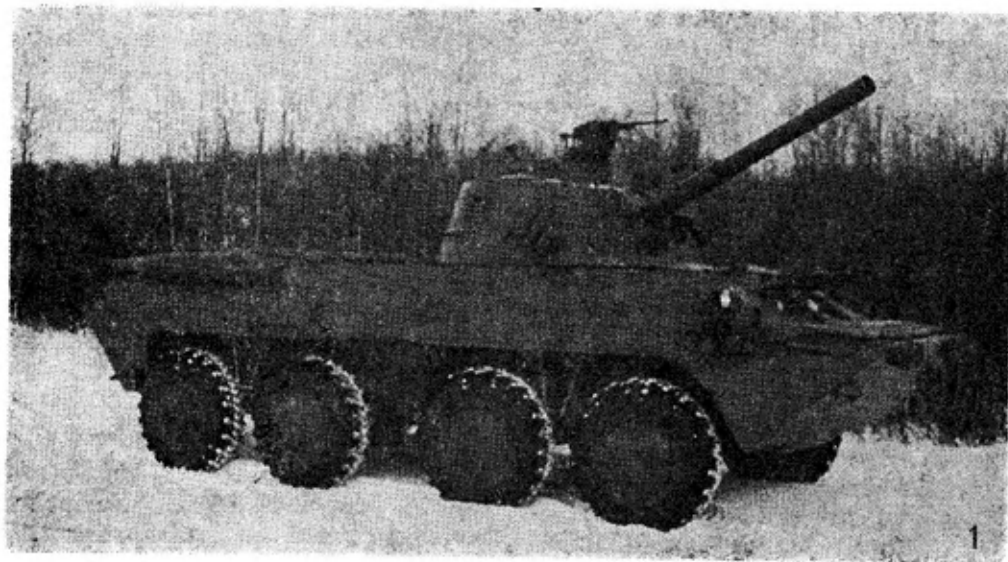
vezu, uključujući unutrašnju telefoniju i spoljašnju žičnu i radio-vezu. Ugrađeni generator električne struje, za čiji se pogon koristi odvod snage motora vozila, znatno povećava autonomnost samohodnog artiljerijskog oruđa NONA-SVK. Proizvedenom strujom napajaju se aparati i drugi uređaji u vozilu.

Posluga NONA-SVK sačinjavaju tri člana: komandir vozila, nišandžija i punilac.

Taktičko-tehničke karakteristike samohodnog oruđa NONA-SVK

Broj članova posade (ljudi)	3
Dolet gađanja (km):	
parčadno-razornim projektilima 3VOF49 sa gotovim žlebovima	8,7
parčadno-razornom minom	7,1
Maksimalna brzina gađanja (metaka/min)	10
Puna masa samohodnog oruđa (kg)	14.500
Dužina (mm)	7.400
Širina (mm)	2.900
Visina do krova kupole (mm)	2.495

P. Marjanović



RUSKI VIŠECEVNI RAKETNI BACAČ SMERČ*)

Zahvaljujući svojim karakteristikama — velikoj brzini gađanja, vatrenoj efikasnosti i faktoru iznenađenja — višecevni raketni bacači zauzeli su svoje mesto kao najmoćniji vid poljske artiljerije. Namenjeni su za uništenje žive sile, vatrenih sredstava protivnika i njegovih fortifikacijskih objekata po celoj taktičkoj dubini. Mogućnost višestrukog punjenja (višecevnost) sistema relativno malih dimenzija, sa jednostavnom konstrukcijom, omogućuje jednovremeno uništenje ciljeva na znatnoj površini, a rafalna vatra obezbeđuje iznenađenost i veliku efikasnost dejstva. Imaju veliku mobilnost i, u roku od nekoliko minuta posle izlaska na vatreni položaj, mogu da otvore vatru i da odmah posle toga napuste vatreni položaj, izvlačeći se od mogućeg protivničkog vatrene protivudara.

Mnogi stručnjaci smatraju da je sada najbolji ruski višecevni raketni bacač SMERČ («vihor») sa više principijelno novih tehničkih rešenja u konstrukciji rakete, zbog čega se smatra najsavremenijom generacijom sličnog oružja. U prvom redu, to se odnosi na rešenje koje se prvi put pojavilo na svetu — sistem za korekciju putanje rotirajućeg raketnog projektila. Korekcija leta oko uzdužne i poprečne ose raketnog projektila vrši se po signalima sistema upravljanja preko gasnodinamičkih izvršnih organa, čija je konstrukcija jedinstvena u svetu.

Primena sistema za upravljanje letom doprinela je da se preciznost raketnog bacača SMERČ-a, poveća 2 puta i ne prelazi veličinu 0,21% od dometa rafala. Istovremeno, gustina pogodaka povećana je za 3 puta. Izvan-

redan odnos energije prema masi rakete, koja, uz sopstvenu masu od 800 kg, ima bojnu glavu mase 280 kg, kao i korišćenje čvrstih goriva velike energije u raketnom motoru, omogućuju gađanje ciljeva udaljenih do 70 km.

Masa bojne glave raketnog projektila SMERČ RS30 skoro je tri puta veća nego kod analognog američkog višecevnog bacača MLRS. Mogućnost korišćenja više varijanti (monoblok ili kasete sa 72 potkalibarska projektila — submunicije) omogućuje sistemu da rešava različite borbene zadatke. Zahvaljujući raznovrsnosti tipova potkalibarskih ubojnih sredstava (submunicije) u kasetnoj bojnoj glavi, uključujući ubojne elemente parčadno-razornog i zapaljivog dejstva, mine za protivoklopno i protivpešadijsko zaprečavanje daljinskim putem, a takođe i neki drugi ubojni elementi, obezbeđuju uništenje ciljeva različitih tipova, uključujući oklopna vozila, fortifikacijske objekte i komandna mesta. Tako je, na primer, za garantovano uništenje čete motorizovane pešadije potrebno upotrebiti 10—16 raketa, komandnog centra 4—12, baterije ili voda artiljerije 21—44, pokretnih komandnih centara 9—35 i lansirne rampe 17—71.

Najveći efekat od korišćenja višecevnih raketnih bacača očekuje se kada se koriste u sastavu jedinica pod fleksibilnim operativnim rukovodstvom. Iskustva korišćenja višecevnog raketnog bacača SMERČ u oružanim snagama Rusije pokazala su da je najoptimalniji oblik njihove vojne organizacije sistem »baterija-divizion-brigada« sa potčinjavanjem najvišoj združenoj formaciji ili frontu, u čijem se interesu i rešava većina borbenih zadataka.

Nadmoćnost nad stranim analognim sistemima oružja ogleda se ne samo u borbenim karakteristikama, već i u kvalitetu automatizovanog komandnog sistema za upravljanje vatrom brigade raketne artiljerije (koji je dobio

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj—jun 1994.

naziv VIVARIJ) u kome su maksimalno realizovani sledeći principi:

- jednostavnost, kompaktnost i visoki stepen pouzdanosti uređaja,

- autonomnost i mobilnost elementa sistema,

- kompatibilnost hardware i software sa postojećim automatskim sistemima za upravljanje vatrom poljske artiljerije,

- mogućnost rada u svim meteorološkim uslovima u širokom opsegu temperatura (-50°C do $+40^{\circ}\text{C}$).

Sistem za upravljanje vatrom VIVARIJ ušao je u naoružanje početkom devedesetih godina. Namenjen je za automatizovano i neautomatizovano upravljanje brigadom višecevnih raketnih bacača, naoružanom sistemima SMERČ 9K58 i URAGAN. Tehnička sredstva sistema za upravljanje vatrom obezbeđuju razmenu informacije sa pretpostavljenim, potčinjenim i sadejstvujućim organima komandovanja, rešavaju zadatke planiranja koncentracije vatre po kolonama, pripremaju podatke za gađanje, prikupljaju i analiziraju informacije o stanju artiljerijskih jedinica.

Osnovu sistema za upravljanje vatrom VIVARIJ sačinjavaju komandno-štabna vozila koja su na raspolaganju komandanta i načelnika štaba brigade, a i njima potčinjenih komandanata divizionu (do tri) i komandira baterija (do osamnaest). Oprema komandno-štabnog vozila smeštena je u sanduku-furgonu K1.4310 na šasijski kamiona Kam-AZ-4310, a sastoji se od sredstava za vezu, uređaja za šifrovanje predaje podataka, digitalnog računara, displeja i štampača.

Osnovno tehničko sredstvo za izračunavanje je digitalni računar E-715-1.1. Brzina rada u integrisanom režimu je 500.000 kratkih operacija, a u neintegrisanom režimu 250.000 kratkih operacija. Kapacitet operativne memorije je 96 kByte, a ROM memorije (memorija jednom zapisana i samo se očitava) iznosi 288 kByte.

U komandno-štabnom vozilu svih komandnih mesta brigade realizovan je specijalni software koji može:

- da prima, obrađuje, memoriše, prikazuje i formira izveštaje u ustaljenom ili neustaljenom obliku;



— da predaje podatke pretpostavljenim elementima komandovanja o poziciji i gotovosti svake jedinice i da prosleđuje do potčinjenih jedinica komande za pripremu vatrenih udara;

— da štiti memorisanu i obrađivanu informaciju od nesankcionisanog dostupa posluge i zvaničnih lica, kao i od nesankcionisanog korišćenja sredstava za uvod-izvod.

Pored toga, software obezbeđuje formiranje specijalnih izveštaja i obrazaca za rešavanje sledećih zadataka:

— ukazivanje sredstvima za uništenje protivničkih objekata;

— planiranje koncentrične vatre i vatre po kolonama;

— izračunavanje ugla pravca na zvezdu;

— izračunavanje elemenata gađanja za šest projektila SMERČ;

— pripremanje meteoroloških biltena na bazi podataka meteoroloških stanica;

— rešavanje različitih geodetskih zadataka (određivanje tačke pomoću preseka, transformacija pravougaoih koordinata u susednu zonu, proračun veličine konvergencije koordinatne mreže).

Svi proračunski zadaci rešavaju se po komandi operatora koju on uvodi u specijalizovani digitalni računar pomoću komandnog pulta u opremi za prenos podataka. Jedine izuzetke predstavljaju zadaci proračuna kontrolnih podataka o cilju koji se rešavaju automatski pri dobijanju naređenja za izvršenje vatrene udara sa naznačivanjem izvršioca.

Za kontrolisanje procesa rešavanja rešavanja zadataka na radnim mestima komandira i operatora komandno-štabnih vozila ugrađeni su pokazivači (displeji) televizijskog tipa. Format prikazane informacije na displeju je 32 linije x 32 simbola. U sastav svakog komandno-štabnog vozila ulazi alfa-numerički štampač ACPU-64-6 sa brzinom

štampanja ne ispod 60 linija/min, a broj bita je 64. Povezivanje tehničkih sredstava komandno-štabnog vozila sa specijalizovanim digitalnim računarom obavljeno je pomoću uređaja 131N-4.

U sredstva za vezu spadaju UKT i KT radio-stanice koje obezbeđuju pouzdano održavanje veze u pokretu do 50 km, a iz mesta do 350 km. Sanduk-furgon vozila opremljen je antenskim uređajima koji obezbeđuju pouzdan rad radio-stanica. Radio-telefonska veza održava se i iz kabine vozača i iz operativnog odseka pomoću uređaja T-240D.

Razmena podataka između komandno-štabnih vozila obavlja se brzinom od 16 kbit/s preko digitalnih kanala koje formira radio-stanica R-171M (ARBALET-10B), a i preko fizičkih linija brzinom od 1,2 kbit/s preko standardnih kanala tonalne frekvencije koji su formirani pomoću radio-relejnih radio-stanica i žičanih linija za vezu. Postoji mogućnost i da se za nekoliko sekundi automatski prebaci na dublirajući kanal za vezu, čime se praktično isključuje gubitak informacije pri prenosu. Nije predviđena razmena informacija u pokretu.

Kompleks sredstava za vezu obezbeđuje povezivanje i izlaz sa sledećim sredstvima za vezu: satelitske stanice, stanice za troposfernu i radio-relejnju vezu, KT i UKT stanice srednje snage, centri za vezu, žičane linije za vezu.

Napajanje električnom energijom svih uređaja, kako u mestu, tako i u pokretu, vrši se iz prevozne (vučne) električne centrale na dizel-pogon ED2x8-T400-1VPS.

Za obezbeđivanje normalnih uslova rada komandira i operatora, u komandno-štabnom vozilu nalaze se uređaji za klimatizaciju vazduha, uređaj za filtriranje i ventilaciju FVUA-100N-24 i uređaj za zagrevanje OV-65G. U komplet opreme vozila spada uređaj za primarnu degazaciju DK-4D, instru-

menti za hemijsko i radiološko izviđanje i RAP.

Kako sva komandno-štabna vozila u sistemu VIVARIJ imaju tipiziranu opremu, u slučaju izlaska jednog vozila iz stroja bilo koje druge komandno-štabno vozilo može da preuzme njegove zadatke. Time se znatno poboljšava opstanak sistema u toku borbenih dejstava.

Rad sistema može se videti iz jedne varijante njegove borbene primene. Na komandno mesto komandanta brigade stižu podaci o protivniku od borbenih izviđačkih vozila, a i od pretpostavljenih organa komandovanja. Računarska sredstva komandanta i načelnika štaba brigade rešavaju zadatke planiranja vatre. Pri tome se procenjuju mogućnosti vatrenih jedinica, raspoložive količine municije, bira se metod uništenja cilja, određuje se gustina vatre i razrađuju različite varijante rešenja zadatka. Zatim se automatski preko kanala za vezu šalju potrebni podaci i naređenja na komandno mesto divizionu koji je odabran za rešavanje vatrene zadatka.

Na komandnom mestu komandanta divizionu preciziraju se podaci o protivniku (karakter, tip i koordinate ciljeva), rešavaju se zadaci topografskog vezivanja, sastavljaju se meteorološki bilteni prema podacima automatizovanih sistema meteorološkog izviđanja. Posle toga, na bazi operativne informacije o položajima i borbenoj gotovosti jedinica potčinjenih komandantu divizionu preko kanala za vezu, na njihova komandna mesta dostavljaju se potrebne informacije. Računarska sredstva komandno-štabnih vozila baterija obrađuju primljenu informaciju i formiraju podatke za dejstvo šest borbenih vozila sa višecevnim raketnim bacačima SMERČ.

Prema ocenama ruskih vojnih stručnjaka, automatizovani sistem komandovanja VIVARIJ bitno poboljšava borbenu gotovost jedinica koje su nao-

ružane višecevnim raketnim bacačima SMERČ, a i preciznost i efikasnost vatre. Sistem nije ništa lošiji od američkog automatskog sistema komandovanja TACFIRE, a sa aspekta vremena za pripremu za borbenu upotrebu i prosleđivanja komandi — bolji je od njega.

Usporedne karakteristike višecevnih raketnih bacača SMERČ i MLRS

	SMERČ	MLRS
Kalibar (mm)	300	240
Dužina rakete (mm)	7.600	3.960
Broj lansirnih cevi (kom)	12	12
Masa rakete (kg)	800	310
Masa bojne glave (kg)	280	139
Domet (km)		
maksimalni	70	30
minimalni	20	—
Površina uništenja jednim rafalom (ha)	67,2	—
Vreme punog rafala (s)	38	—
Autonomija vožnje vozila (km)	900	485
Baza vozila	4x4 točkaš	guseničar

P. Marjanović

RUSKI SAMOHODNI PROTIVOKLOPNI SISTEM ŠTURM-S*)

Vojni stručnjaci na Zapadu prvi put su jula 1992. upoznati sa samohodnim raketnim protivoklopnim sistemom 9P149 ŠTURM-S. Posebno interesovanje izazvala je njegova mogućnost da uništi tenkove, pokretna oklopna vozila, različite nadzemne objekte (utvrđene tačke i drveno-zemljane vatrene

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj-jun 1994.

tačke), kao i ciljeve u vazдушnom prostoru — malih brzina i na velikim visinama.

Ruski zvanični organi navode da je po svojim tehničkim mogućnostima protivoklopni samohodni sistem ŠTURM-S nova reč u raketnoj tehnici. Predlažu ga za izvoz i veruju da će naći kupce. Cena jednog borbenog vozila ŠTURM-S je 1 milion dolara, što nije skupo. Smatra se da u svetu ne postoji dostojni analog. Rusi su voljni da sprovedu obuku ljudstva, kao i da ustupe licence za proizvodnju. Takođe, imaju nameru da prodaju pojedine komponente.

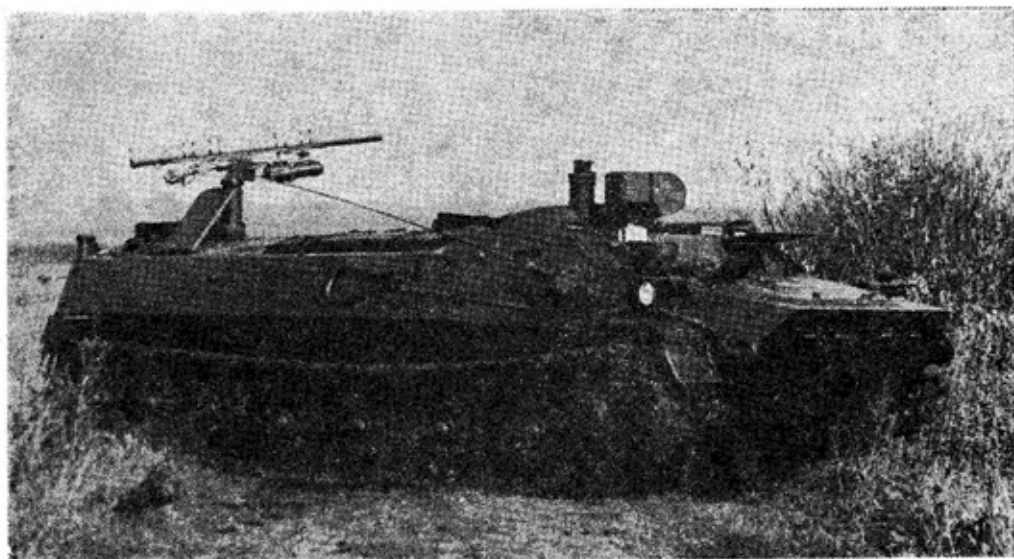
Sistem ŠTURM-S koristi višefunkcionalnu vođenu raketu 9M114 sa kumulativnom bojnou glavom. Borbeni komplet vozila sadrži 12 raketa. Raketa ima konstrukciju tipa »kanard« sa sklapajućim prednjim površinama i zaobljenim krilom koje je u marševskom položaju priljubljeno uz telo rakete. Motor rakete je dvorežimski sa čvrstim gorivom i obezbeđuje veliku brzinu leta (do 530 m/s). Probojnost rakete je 560 do 600 mm. Ima startni motor (buster) koji obezbeđuje pouzdan izlazak iz stakloplastičnog transportno-lansir-

nog kontejnera. Konstrukcija kontejnera je takva da obezbeđuje raketi rotaciju. Rok čuvanja rakete u takvom kontejneru je 10 godina.

Vozilo ŠTURM-S može da bude naoružano i vođenom raketom 9M114F sa razornom bojnou glavom, čime je moguće uništavanje žive sile i rušenje dugotrajnih vatrenih tačaka i drugih inženjerskih objekata. Za tenkove sa aktivno-pasivnim oklopom konstruisana je nova raketa sa tandemskom bojnou glavom koja ima povećani dolet i može sigurno da uništava tenkove sa aktivno-pasivnim oklopom, da probija oklop ekvivalentan homogenom oklopu od 800 mm.

Sistem za vođenje rakete je poluautomatski radio-komandni sa IC signalom za praćenje. Sistem za vođenje je otporan na ometanja zbog korišćenja dva specijalna koda i pet fiksiranih frekvencija pri vođenju. Kako raketa leti nadzvučnom brzinom nije je moguće ometati nijednim do sada postojećim tehničkim sredstvom za radioometanje.

Za upravljanje vatrom razrađeni su specijalni programi koji omogućavaju u početnoj fazi let rakete po puta-



nji koja je iznad linije viziranja, a kada dođe do cilja (tenka), na daljinu od 500 do 700 m, ona se spušta i pogađa cilj. To omogućava nišandžiji da nezavisno od vremenskih uslova i rada raketnog motora uvek vidi cilj. Na maksimalnom dometu rakete preciznost sistema vođenja ne prelazi 0,6 ugaonih minuta. Time je moguće gađati svaki

transportno-lansirnog kontejnera iznosi 1 sekundu.

Kao šasija samohodnog oklopnog sistema ŠTURM-S služi laki oklopni transporter-tegljač MT-LB koji se dokazao u ruskoj vojsci. Velika raspoloživost vučnom silom, hodni deo na gusenicama, mali specifični pritisak na

Uporedni pregled karakteristika različitih protivoklopnih raketnih sistema

	ŠTURM standar- dni	ŠTURM varij. 1	ŠTURM varij. 2	HOT, HOT-2	TOW TOW-2
Kalibar rakete (mm)	130	130	130	136	152
Masa rakete (kg)	31,4	33,5	40	25,4	21,5
Masa kontejnera sa raketom (kg)	46	49,5	57	31,9	28,1
Probojnost oklopa (mm)	560—600	900—950	900—950	750—950	620—920
Masa bojne glave (kg)	5,3	7,4	7,4	6,0	3,6—5,9
Domet (m)					
maksimalni	5.000	6.000	7.000	4.000	3.750
minimalni	400	400	400	75	65
Vreme leta na daljinu (s)					
3.000 m	7,5	7,7	8,3	13	15
4.000 m	10,7	10,7	11,25	16,5	20
5.000 m	14,5	14,5	14,5	—	—
Sistem vođenja	poluautomatski preko radio-ko- mandovanja			poluautomatski pre- ko žice	

oklopljeni cilj malih dimenzija, čak i helikoptere u fazi lebdjenja i uzletanja. Maksimalna visina uništenja cilja u vazduhu (lansiranje na nivou mora) iznosi 3000 m.

U marševskom položaju lansirni uređaj se uvlači u telo vozila gde se, takođe, nalazi mehanizam borbenog kompleta raketa — specijalni obrtni doboš sa reduktorom. U ležištima doboša smešteno je 12 lansirnih kontejnera sa raketama. Pri gađanju, lansirni uređaj zahvata kontejner i automatski se prevodi u borbeni položaj. Posle lansiranja prazan kontejner se odbacuje u stranu, a punjenje drugom raketom se obavlja automatski. Vreme od pritiskanja dugmeta do izlaska rakete iz

tlo omogućuje da se ovaj sistem koristi u različitim prirodnim i klimatskim uslovima, uključujući pustinju, planine i bespuća. Uzajamna povezanost lansirnog uređaja i druge aparature omogućava posadi da otvara vatru sa otvorenih položaja, iz inženjerski uređenih položaja i u toku savlađivanja vodene prepreke. Time se i razlikuje od analognih sistema na točkovima.

Niska silueta tegljača (svega 1,8 m) i nisko smešteno težište omogućuju korišćenje na ostrim nagibima. Na nedavnom prikazivanju sistema ŠTURM-S u Omanu, vozilo je savlađivalo tako oštre uspone da je izazvalo iznenađenje kod stranih posmatrača. I borbeno efikasnost je bila na visini: sve lansirane

rakete (24) pogodile su ciljeve. Pri tome je pouzdanost uništavanja obezbeđivana praktično automatski, a zadatak nišandžije se sastojao u tome da krst končica poklopi sa ciljem.

Taktičko-tehničke karakteristike protivoklopnog sistema ŠTURM-S

Posada (ljudi)	2
Masa sistema (kg)	12.300
Borbeni komplet raketa (kom.)	12
Maksimalna brzina napadnutih ciljeva (km/h):	
bočna	60
čeaona	80
Uglovi nišanjenja (stepeni):	
horizontalni	—85 do +85
vertikalna	—15 do +15
Maksimalna brzina (km/h)	65
Autonomija vožnje sa gori-vom (km)	500

Za uspešno dejstvovanje u uslovi-ma nuklearnog rata ovo vozilo je opremljeno sistemom za zaštitu posade od dejstva oružja za masovno uništenje. Sastav te opreme sačinjavaju uređaj za filtriranje i ventilaciju vazduha, sredstva za hemijsko i radiološko izviđanje i hermetizacija tela vozila. Pored toga, protivoklopni sistem ŠTURM-S ima sredstva za vezu do daljine od 40 km i uređaje za noćno osmatranje.

Visoke borbene mogućnosti samohodnog protivoklopnog sistema ŠTURM-S mogu da budu realizovane uz pouzdani rad svih sastavnih sistema i uz usklađeno dejstvovanje posade. Za tehničko održavanje sistema ŠTURM-S i obavljanje kontrolnih merenja — ima u svom RAP-u odgovarajuće alate i instrumente. Za obuku borbenih posada izrađeni su specijalni trenažeri i školske makete raketa. Pomoću njih, brzo i efikasno i bez utroška resursa motora i municije ljudstvo se može obučiti i u kabinetima.

P. Marjanović

RUSKI PROTIVAVIONSKE RUČNI RAKETNI BACAČ »IGLA«*)

Početkom 1991. godine saopšteno je da je jedan američki avion tipa HARRIER II oboren za vreme rata u Persijskom zalivu raketom ruskog prenosnog protivavionskog sistema SA-16 GIMLET. Ruski naziv ovog sistema je IGLA-1 (slika). Ušao je u naoružanje tadašnje sovjetske armije 1981. godine i prodat je u više zemalja Afrike i Bliškog Istoka.

Izмене u taktici dejstava avijacije dovele su do nužnosti razvoja prenosnih (ručnih) protivavionskih raketnih bacača za PVO trupa na bojištu. Do izmena u taktici dejstava avijacije došlo je zbog dva uzajamno kontradiktorna faktora. Kao prvo, razvoj protivavionskih raketnih sistema naglo je povećao borbene mogućnosti sredstava PVO za uništavanje aviona na srednjim i velikim visinama. Kao drugo, u težnji da izbegnu ove udare, pri konstrukciji novih aviona konstruktori su primenili takva rešenja u oblasti navigacijsko-pilotažne opreme, nišanskih i drugih sistema koji su omogućili da avioni napadaju ciljeve van zone dejstava sredstava PVO sa malih (150—600 m) i graničnomalnih visina (25—150 m).

U RV raznih zemalja ne samo da su razrađeni slični načini sprovođenja borbenih dejstava već su uspešno primenjivani u lokalnim ratovima. Ovakav taktički postupak uveliko je korišćen i za vreme kampanje »Pustinjska oluja«.

Te osobenosti savremene taktike borbenih aviona i helikoptera bile su posledica teškoće borbe sa ciljevima na malim visinama zbog složenosti njihovog otkrivanja, određivanja nacionalne pripadnosti (svoj-tuđ), organizacije upravljanja vatrom sredstava PVO i nedostatka dovoljnog broja mobilnih i e-

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj-jun 1994.

fikasnih sredstava za njihovo uništenje. Pri borbi sa takvim ciljevima u vazduhu do minimuma se skraćuje vreme za dovođenje u gotovost sredstava za protivdejstvo, a velika ugaona brzina aviona na malim visinama znatno usložava proces nišanjenja i lansiranja vođenih raketa zemlja-vazduh ili dejstva sredstava protivavionske artiljerije.

Prvi tip oružja, predviđen za borbu protiv ciljeva u vazдушnom prostoru na malim visinama, bio je američki ručni raketni bacač FIM-43A RED EYE, koji je ušao u naoružanje SAD 1967. Godine 1968. stručnjaci tadašnjeg Sovjetskog Saveza razvili su analogni sistem STRELA-2, a posle modifikacije STRELA-2M, STRELA-3 i svaka kasnija modifikacija prevazilazila je raniju po efikasnosti.

Konstruktori ručnih raketnih protivavionskih bacača razvijali su svoja oružja na osnovu sledećih principa:

- nišandžija obavlja operacije otkrivanja cilja u vazдушnom prostoru, nišanjenja i lansiranja rakete;

- obavezna primena sistema samovođenja (»lansiraj pa zaboravi«);

- stalna borbena gotovost, tako da se u borbeni režim može preći za nekoliko sekundi;

- masa sistema u borbenom stanju ne treba da prelazi 20 kg;

- direktni pogodak u cilj;

- struktura sistema: samonavodeća raketa sa bojnom glavom koja može da uništi savremene borbene avione; lansirna cev-kontejner; mehanizam za lansiranje; zemaljski izvor napajanja sistema u periodu pre lansiranja.



Po tim principima razvijeni su ručni raketni protivavionski bacači poslednje generacije kojih ima dva: IGLA-1 (NATO oznaka SA-16 GIMLET) koji je ušao u naoružanje 1981. i najnoviji IGLA (SA-18). Neophodnost da se razviju ovi ručni bacači bila je činjenica da se naglo povećava oklopna zaštita i dubliranje najvažnijih agregata aviona i helikoptera, pa se zbog toga naglo povećava i verovatnoća njihovog opstanka na bojištu. Bojne glave prethodnih generacija protivavionskih vođenih raketa nisu mogle oboriti ove ciljeve, čak ni pri direktnom pogotku. Principijelno nova konstrukcija bojnog dela rakete IGLA-1 omogućila je da ova raketa prevaziđe po efikasnosti vođenu raketu STRELA-2M za 6 puta.

Rad nišandžije znatno je pojednostavljen korišćenjem opreme koja automatski usmerava raketu u tačku preticanja u početnoj fazi njene putanje, pa zbog toga nije potrebno uvođenje uglova elevacije i preticanja. Pored toga, pomak centra grupisanja pogodaka koji se programira obezbeđuje uništenje najosetljivijih agregata cilja i time se garantuje i samo uništenje cilja u slučaju pogotka.

U mehanizam za okidanje ručnog bacača IGLA ugrađen je radarski pištalj za identifikaciju letelice u vazдушnom prostoru (»svoj-tuđ«), kao i mehanizam za blokiranje lansiranja. Pored toga, o situaciji u vazдушnom prostoru u zoni dejstava, starešina može da bude unapred obavešten, pa je za te svrhe konstruisana specijalna elektronska planšeta koja prima telekodiranu informaciju sa komandnih mesta i obezbeđuje automatsko prikazivanje te informacije (pozicija, smer i identifikacija cilja, na situacionom indikatoru). Ova planšeta može jednovremeno da prati do 4 cilja i omogućuje komandiru jedinice da odredi koji su od ciljeva najopasniji za branjeni objekat u tom trenutku.

Znatno je izmenjena i konstrukcija same rakete, tako da usavršeniji raketni motor i poboljšana aerodinamička konstrukcija tela rakete omogućuju uništenje cilja koji leti nadzvučnom brzinom uz jednovremeno povećanje dometa i proširenje zone uništenja. Ostaci raketnog goriva u raketnom motoru pri udaru u cilj detoniraju pri detonaciji eksplozivnog punjenja bojne glave, tako da se povećava ukupno uništavajuće dejstvo na cilj.

Sistem raketnog bacača IGLA ušao je u naoružanje 1983. i maksimalno je unificiran sa ručnim bacačem IGLA-1; imaju zajednički raketni motor, bojnju glavu, mehanizam za lansiranje, izvor napajanja, školsko-trenažna sredstva i pokretni kontrolni punkt. Kod sistema IGLA primenjena je principijelno nova glava za samonavođenje sa logičkim blokom selekcije, tako da je sada omogućena borba protiv neprijateljeve avijacije i u uslovima elektronskog ometanja sa korišćenjem toplotnih lažnih meta u IC dijapazonu. Pored toga, bitno je povećan domet protiv ciljeva na mlazni pogon u susretnim kursevima na račun znatnog povećavanja osetljivosti glave za samonavođenje.

Obavljena ispitivanja su pokazala da protivavionski ručni raketni bacač IGLA obezbeđuje efikasnu borbu protiv savremenih aviona kada oni koriste toplotno ometanje različitim tipovima sredstava sa tempom izbacivanja do 0,3 s i snagom zračenja koja prevazilazi zračenje samog cilja. Pri tome je verovatnoća uništenja aviona tipa PHANTOM na susretnom kursu 0,48, a u kursu gonjenja 0,33, u slučaju kada avioni koriste IC ometanje, verovatnoća se smanjuje samo za 30%. U poređenju sa bacačem STRELA verovatnoća pogađanja cilja veća je 8 puta.

Rad ovog bacača ne ometaju lokalni požari ili pri zajedničkom dejstvovanju sa sredstvima cevne artilje-

rije. Borbene i eksploatacione karakteristike bacača IGLA u potpunosti se zadržavaju prilikom desantovanja formacijskim desantnim sredstvima: na borbenim vozilima (u specijalnom paketu), na padobranskim platformama različitih tipova i u padobranskim vrećama.

Raketom IGLA može se borbeno dejstvovati kako sa pripremljenih, tako i nepripremljenih položaja, a i iz raznih objekata. Bacači se mogu koristiti za rafalno gađanje sa turele, mogu se ugraditi na transportna i borbeno vozila, mogu služiti i za naoružanje helikoptera. Raketa je bezbedna i kada se probije mecima ili kada padne sa visine od 5 m, potpuno zadržava svoja borbena i eksploataciona svojstva pri dužem prevoženju vozilima na točkovima (na daljinu do 5.000 km) i vozilima na gusenicama (do 3.000 km), a vazдушnim, vodenim i železničkim prevoznim sredstvima nema ograničenja daljine prevoza. Region za čuvanje i eksploataciju nije ograničen nikakvim klimatskim uslovima.

Bez obzira na to što je pojednostavljen postupak za korišćenje i eksploataciju ručnog protivavionskog raketnog bacača predviđen je kompleks sredstava za obuku i uvežbavanje, jer efikasnost borbe protiv savremenih borbenih aviona na granično malim visinama u znatnoj meri zavisi od obučenosti, uvežbanosti i psihičke pripremljenosti nišandžija. U sastav ručnog protivavionskog raketnog bacača ulaze poljski trenadžeri (simulatori), trenažno-praktični kompleti i makete u punoj veličini i masi.

Praksa je pokazala da je za potpunu obuku nišandžije potrebno 80 elektronskih lansiranja protiv imitatora cilja u vazдушnom prostoru i jedno trenažno-praktično lansiranje sa primenom izbacujućeg raketnog motora. Posle ovakve obuke nišandžija stiće na-

vike u određivanju parametara kretanja cilja i granica zone lansiranja, usvaja algoritam borbenog rada i stiće potrebnu sigurnost.

Za obavljanje reglamentnih radova i tehničkog održavanja služe pokretne kontrolne stanice, a i ispitna oprema arsenala. Ova ispitna sredstva zasnovana su na potpuno novim principima uz korišćenje savremenih dostignuća, uključujući i mikrokola i mikroprocesore. Kontrola parametara, čiji je obim dovoljan za ocenjivanje tehničkog stanja sistema, obavlja se bez učestvovanja poslužioca (operatora) prema programu koji je uveden u mikroračunar. Rezultati kontrole pokazuju se na alfanumeričkom pokazivaču (displeju) u vidu paljenja natpisa ISPRAVAN ili NEISPRAVAN. Jedna pokretna kontrolna stanica treba da proveri 150 raketa u jednoj smeni.

Uporedne taktičko-tehničke karakteristike ručnih bacača IGLA i STINGER (SAD)

	IGLA	STINGER
Visina uništenja cilja (m)		
maksimalna	3.500	3.500
minimalna	10	30
Maksimalna brzina cilja (m/s)	400	340
Verovatnoća uništenja cilja jednom raketom	0,38—0,58	0,3—0,5
Vreme prevođenja iz marševskog u borbeni položaj (s)	ne preko 13	30
Masa rakete na startu (kg)	10,6	10
Masa bojne glave (g)	1.150	1.000
Maksimalna efektivna daljina do cilja (m)	5.200	4.500
Masa bacača u borbenom stanju (kg)	18,4	18,8

P. Marjanović

KORIŠĆENJE PRENOSNOG LASERSKOG ORUŽJA*)

(Prema gledištima američkih vojnih stručnjaka)

Tendencija da se pri vođenju borbenih dejstava sve masovnije primenjuju optronička sredstva, koja olakšavaju traganje i pronalaženje protivnika u složenim meteorološkim i noćnim uslovima, i u uslovima različitih vrsta maskiranja, uzrokovala je intenzivnije naučno-tehničke radove na razvoju novih vrsta naoružanja. To se posebno odnosi na razvoj laserskog oružja za taktičku namenu koje će omogućiti da se iz stroja izbacuju optronička sredstva i da se nanose oštećenja nezaštićenim organima vida žive sile koji su, praktično, idealni ciljevi laserskog oružja.

Istraživanja, koja su sprovedeli američki stručnjaci, pokazala su da laserske sprave (daljinomeri, pokazivači ciljeva, imitatori i trenažeri) u određenim uslovima predstavljaju veoma ozbiljnu opasnost za organe vida u toku školsko-borbene obuke. Za bezbedan rad sa laserskim spravama, koje generišu koherentno lasersko zračenje, postoje specijalna uputstva i priručnici, a koriste se i zaštitna sredstva koja sprečavaju oštećenja organa vida.

Pri razvoju efikasnih sistema laserskog oružja najcelishodnije je koristiti one lasere koji generišu zračenje u oblastima elektromagnetskog spektra, u kome rade optronička sredstva za izviđanje i otkrivanje (uključujući glave za samonavođenje raketa) i u oblastima u kojima ljudsko oko ima maksimalnu spektralnu osetljivost. Oštećenje organa vida predstavlja najperspektivniji pravac izbacivanja žive sile iz stroja prilikom borbenih dejstava. To se objašnjava, pre svega, činjenicom da je čovek krajnja i glavna karika u

sistemu »mašina (aparatura) — čovek«. Sredstva za neposredno osmatranje protivnika imaju optičke elemente koji fokusiraju dolazeće zračenje, zbog čega se povećava verovatnoća oštećenja organa vida.

Optički sistem čovekovog oka bez prepreka propušta i fokusira na mrežnjaču oka zračenje vidljivog dela spektra (talasna dužina 0,39 do 0,78 μm) i IC dela spektra (do 1,4 μm). Za nepovratno oštećenje mrežnjače oka, a time i za privremeno oslepljivanje, potrebna je veoma mala gustina energije laserskog zračenja u tim opsezima spektra. Mnogi od postojećih laserskih daljinomera i pokazivača ciljeva sa aktivnim elementima, izrađenim na bazi itrijum-aluminijumskog granata (YAG) ili stakala, aktiviranih ionima neodijuma, rade baš na talasnoj dužini 1,06 μm koja predstavlja ozbiljnu opasnost. Što se tiče zračenja u većim talasnim dužinama spektra, smatra se manje opasnim, jer se apsorbira staklastim telom i rožnjačom oka, a za njihovo oštećenje je potreban je znatno viši nivo gustine energije.

Američki stručnjaci ocenjuju da čak i pri bočnom upadu laserskog zračenja u oko (a ne po optičkoj osi) i pri tačkastom spaljivanju mrežnjače oka oštećenje može da se proširi i na periferne oblasti u vidu većih krvnih izliva. Na primer, oštećenje oblasti mrežnjače oka, koje odgovara uglu vidnog polja od 5°, bitno otežava upravljanje motornim vozilom (automobilom, oklopnim vozilom), i raspoznavanje detalja objekata na zemljištu, što otežava precizno gađanje iz različitog oružja. Za nanošenje takvih oštećenja ljudskog vida dovoljno je da snaga zračenja bude nekoliko mW (u režimu neprekidnog generisanja) ili mJ energije (u impulsu trajanja nekoliko ns).

Savremeni nivo naučno-tehničkih dostignuća omogućuje da se već danas pristupi razvoju prenosnih sistema laserskog oružja taktičke namene. Pre-

* Prema podacima iz časopisa ZARUBEŽNOE VOENNOE OBOZRENIE, 5/94.

ma preliminarnim ocenama, u različitim vidovima savremenih borbenih dejstava ovo oružje može da dovede do privremenog slepila žive sile (do 3 minuta) u poluprečniku od 1 km. Na osnovu navedene daljine, pri razvoju takvog oružja treba zadovoljiti određene uslove za njegove energetske karakteristike, masu i dimenzije. Pri tome se, kao bitni faktor, uzima stanje atmosfere koje zavisi, kako od vremenskih uslova u vreme odvijanja borbenih dejstava, tako i od prašine i magle u pojedinim delovima bojišta. Pri modeliranju procesa primene laserskog oružja obično se polazi od toga da će negativni uticaj atmosfere smanjiti daljinu dometa za 10%. Ipak, prema najoptimalnijim ocenama već postojeća tehnološka baza omogućuje da se domet poveća do 3 km, uz prihvatljive karakteristike mase i dimenzija prenosnog laserskog oružja koje ne ograničavaju mogućnosti vođenja borbenih dejstava.

Postojanje u naoružanju jedinica KoV laserskog oružja, namenjenog za oslepljivanje žive sile, imaće, pre svega, psihološko dejstvo na protivnika koje se sastoji od stalnog očekivanja mogućnosti oštećenja organa vida. Pored toga, lica koja obavljaju zadatke izviđanja pomoću optičkih i optroničkih sredstava, treba da savladaju svojevrsnu psihološku barijeru, jer postoje realni primeri da protivnik koristi lasersko oružje.

Nije rešen problem kontrole dejstva laserskog oružja na cilju (efekti oštećenja organa vida), čak i pri tako nesumnjivom preimućstvu laserskog oružja kao što je praktično trenutno rasprostiranje zračenja. Time se postiže znatna ušteda vremena u relativno složenom procesu nišanja, uključujući određivanje potrebnog preticanja s obzirom na brzinu i pravac vetra, daljinu do cilja i parametara kretanja cilja. Naime, korišćenje nevidljivog snopa u IC opsegu ne omogu-

ćuje da se osmotri da li je lasersko zračenje oštetilo cilj ili nije. Prosuđivanje o stepenu dejstva laserskog oružja na cilj moguće je samo po spoljašnjim manifestacijama ponašanja cilja na bojištu. Stručnjaci misle da će se delimično rešenje ovog problema postići smanjivanjem zahteva za tačnost nišanja, jer zbog divergencije zračenja prečnik tačke snopa na cilju može da bude od desetak centimetara do nekoliko metara, zavisno od daljine.

Uvođenje laserskog oružja u borbeno dejstvo dovelo je do potrebe da se razvijaju odgovarajuća zaštitna sredstva. Međutim, za te svrhe potrebna su velika novčana ulaganja. U zaštitna sredstva spadaju optički filteri koji imaju visoki stepen apsorbovanja laserskog zračenja (10⁶). Ipak, takvi filteri ne obezbeđuju apsorbovanje u širokom opsegu spektra i rade obično na nekoliko talasnih dužina, najčešće dve do tri. Filteri širokog pojasa, pak, znatno smanjuju zračenje u vidljivom delu spektra, pa time otežavaju vizuelno osmatranje situacije na bojištu.

Aktivni optički filteri, koji menjaju koeficijent propuštanja zavisno od intenziteta dolazećeg laserskog zračenja, dovoljno su složeni uređaji i po svojoj masi i dimenzijama ne mogu da se koriste kao individualna zaštitna sredstva za vojnike. Takvi uređaji, zajedno sa brzodejstvujućim zatvaračima, koji sprečavaju dostup zračenja do osetljivih elemenata različitih uređaja i do organa čovečijeg vida, mogu se koristiti u sastavu optroničke opreme tenkova, oklopnih izviđačkih vozila, borbenih vozila pešadije, itd.

Američka firma ALLIED SIGNALS je razradila prvi eksperimentalni tip prenosnog laserskog oružja koje ima uslovni naziv DAZER. Njegovu osnovu predstavlja generator laserskog zračenja (na bazi kristala aleksandrita) sa mogućnošću izmene talasne dužine u opsegu od 0,7 do 0,815 μm . Kao primarni izvor električne energije služi nikl-

-kadmijumski akumulator smešten u fišekliji. Po svojim dimenzijama laser odgovara američkoj automatskoj pušci M16. Ukupna masa prenosnog laserskog oružja DAZER je oko 9 kg. Predviđa se da će u serijskoj proizvodnji pojedinačna cena biti oko 50.000 dolara.

Drugi tip prenosnog laserskog oružja COBRA namenjen je za naoružanje jedinica KoV i, po svojim taktičko-tehničkim karakteristikama, približno odgovara laseru DAZE.

P. Marjanović

FRANCUSKI TAKTIČKI LOVAČKI AVION MIRAGE-3NG*)

Taktički lovački avion MIRAGE-3NG predstavnik je familije borbenih aviona MIRAGE različitih varijanti i modifikacija francuske firme DASSAULT-BREGUET. Počev od druge polovine pedesetih godina firma je izradila 1422 aviona serije MIRAGE, a od njih je 949 izvezeno u 20 zemalja. Ova serija uključuje taktičke lovačke avione MIRAGE-3E, MIRAGE-5F (nalazi se u francuskom RV) i MIRAGE-50, lovac-presretač MIRAGE-3C, avion-izviđač MIRAGE-3R i školsko-borbeni avion MIRAGE-3D.

Avion MIRAGE-3NG razvijen je početkom osamdesetih godina, specijalno za izvoz u zemlje koje u svom naoružanju imaju avione MIRAGE serije 3. Prvi let je obavljen decembra 1982, a program ispitivanja u vazдушnom prostoru uspešno je završen 1985.

Avion je izrađen u konfiguraciji »canard« sa niskom smeštenim trouglastim krilom i prelomljenom napadnom ivicom krila. Najvažnija karakteristika ovog aviona jeste što ima nepokretne

prednje površine, razmaka 3,35 m, smeštene iznad usisnika vazduha. Time je poboljšana stabilnost i upravljivost, posebno pri velikim napadnim uglovima. Krilo ima krilca koja se pokreću hidrauličnim putem. Stajni trap je tricikl sa po jednim točkom na svakoj nozi.

Pri razvijanju ovog lovca korišćena su neka tehnička i tehnološka rešenja koja su korišćena i na drugim avionima familije MIRAGE, na primer, električni daljinski sistem upravljanja digitalnog tipa, uzet od aviona MIRAGE-2000.

Pogonska grupa sastoji se od jednog turbomlaznog motora ATAR-9K50 sa maksimalnim potiskom od 49,05 kN (sa naknadnim sagorevanjem 70,63 kN). Gorivo je smešteno u trupnim i krilnim rezervoarima, ukupne zapremine 3.475 l. Pored toga, za povećanje doleta predviđena su dva potkrilna rezervoara za gorivo zapremine po 1300 ili 1700 l. Avion se može naknadno opremiti za ulivanje goriva u vazduhu.

Elektronska oprema, uključujući sredstva za elektronsko ratovanje, pozajmljena je od lovačkih aviona MIRAGE-F1 i MIRAGE-2000. Avion ima modifikovani radar za upravljanje oružjem SIRANO, smešten u nosu aviona, i inercijalni navigacioni sistem. Po želji kupca, može se ugraditi višenamen-

Osnovni taktičko-tehnički podaci aviona
MIRAGE-3NG

Posada (ljudi)	1
Maksimalna masa u poletanju (kg)	14700
Brzina leta km/h (na visini 11000 m)	2350
Praktični vrhunac leta (m)	16500
Borbeni radijus (zavisno od profila leta i nosivosti ubojnog tereta (km)	685 do 1435
Dolet za preletanje (km)	do 3000
Dimenzije aviona (m)	
dužina	15,65
visina	4,5
razmah krila	8,22
površina krila (m²)	35

* Prema podacima iz časopisa ZARUBEŽNOE VOENNOE OBOZRENIE, 3/94.

ski radar AGAVA ili laserski daljinomer-pokazivač ciljeva, a u kabini pilota nalazi se head-up displej.

Vatreno naoružanje ovog lovačkog aviona sastoji se od dva topa 30 mm DEFA-552 sa borbenim kompletom municije od 250 metaka. Povećanje maksimalne mase aviona u poletanju do 14700 kg (masa aviona MIRAGE-3E je 13500 kg) omogućilo je ugradnju dodatna četiri pokrilna mesta za vešanje ubojnog tereta i njihov ukupni broj je devet (pet ispod trupa i četiri ispod konzola krila). Ubojna sredstva, koja se mogu na njih podvesiti, sastoje se od vođenih i nevođenih raketnih projektila različite namene i avio-bombi. Maksimalna masa ubojnog tereta je 4000 kg. Kada se koriste podvesni kontejneri sa izviđačkom opremom, avion može da se koristi i u ulozi izviđača.

P. Marjanović

RUSKI LOVAC — PRESRETAČ SU-27*)

Jedan od predstavnika lovaca-presretača četvrte generacije i, po mišljenju ruskih i ostalih stranih vojnih stručnjaka, jedan od boljih borbenih aviona na svetu jeste SU-27. O tome govore podaci da je ovaj avion, pored zapaženih demonstracionih letova i uspešnih rešavanja školsko-borbenih zadataka, postavio i 27 svetskih rekorda (od toga 5 apsolutnih) u brzini penjanja i visini horizontalnog leta. Konstruktorski biro, koji nosi naziv poznatog konstruktora P. O. Suhog, za kratko vreme je razvio ovaj višenamenski avion sa izvanrednim manevarskim sposobnostima, koji je u stanju da reši borbeni zadatak u složenim uslovima borbe u vazдушnom prostoru.

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj—jun 1994.

Velika efikasnost ovog aviona u borbi sa ciljevima u vazдушnom prostoru obezbeđena je savremenom aerodinamikom, snažnim i ekonomičnim dvokonturnim turbomlaznim motorima, velikom rezervom goriva, širokim opsegom brzina i visina leta, kompleksom radio-elektronske opreme i vođenim raketnim naoružanjem. Velika raspoloživost potisnom snagom, elektro-daljinski sistem upravljanja sa automatskim ograničivačem napadnog ugla aviona i graničnog preopterećenja pri pilotiranju, adaptivnost mehanizacije krila, sistem upravljanja naoružanjem sa korišćenjem optroničkog lokatora i sistema nišanja pomoću pomeranja šlema kao i snažno naoružanje omogućuju avionu SU-27 da samouvereno vodi blisku borbu u vazдушnom prostoru.

Avion je opremljen sa dva turbomlazna motora AL-31F i svaki od njih razvija potisak sa punim naknadnim sagorevanjem od po 122.6 kN a na maksimalnom režimu bez naknadnog sagorevanja 74,55 kN. Potrošnja goriva odgovara savremenim svetskim standardima. Dvoprotočni motor ima stabilan rad na režimima dubokog pumpanja usisnika vazduha na brzinama do 2M u uslovima pljoštimičnog, pravog i lednog kovita. Rad motora pri primeni avionskog naoružanja potpomažu sistemi za likvidaciju pumpanja, za automatsko puštanje motora u rad u vazduhu i za ponovno paljenje komore za sagorevanje i komore za naknadno sagorevanje.

Ovaj avion ima sedište pilota za izbacivanje K-36DM koje obezbeđuje pouzdano napuštanje aviona u slučaju nužde u celom opsegu brzina i visina leta, uključujući i rulanje po aerodromu. Svaki avion ima ugrađen sopstveni sistem odbrane, uključujući i sistem za elektronska protivdejstva, čiji je jedan od elemenata i uređaj za aktivno ometanje »Soprcija-S« (čiji je zapadni analog AN/ALQ-135).

Sistem za upravljanje oružjem obezbeđuje korišćenje vođenih raketa

vazduh-vazduh, »hvatanje« i praćenje ciljeva koje otkrije skanirajući radar ili optički lokator u daljem raketnom boju, »zahvat« i praćenje vizuelno otkrivenog cilja u bliskom boju i identifikacija ciljeva.

Radarski nišanski sistem sa koherentnim impulsno-Doplerovskim radarom, otpornim na ometanje, omogućuje otkrivanje i određivanje koordinata pokretnog cilja u vazдушnom prostoru, »hvatanje« i praćenje, a i jednovremeno lansiranje vođenih projektila na dva cilja jednovremeno u svim meteorološkim uslovima, danju i noću, kako prema slobodnom prostoru, tako i prema zemlji kao pozadini. Ovaj sistem je dopunjen optičkim lokatorom 36S koji radi zajedno sa pokazivačem cilja koji je montiran na šlemu pilota. Ovaj optički lokator pokazao je svoju vrednost po svim borbenim i eksploatacionim parametrima i, bez obzira na to što se već dugo koristi na avionu, nema analoga u inostranstvu. Lokator radi jednovremeno i u laserskom i u IC dijapazonu i namenjen je za određivanje koordinata manevrišućih objekata koji isijavaju toplotu.

Sistem postavljen na šlemu omogućuje ukazivanje na cilejve sredstvima za »hvatanje« i glavama za samonavođenje raketa, a generiše i osu za skener lokatora. Ciljevi se označavaju okretanjem glave pilota u onaj deo prednje polusfere iz koje se očekuje pojava cilja.

Sistem jedinstvene indikacije omogućuje da se na čeonom pokazivaču (head-up display) generiše potrebna informacija za nišanje, pilotažu i navigaciju, a informaciju od avionskog radara i optičkog lokatora prikazuje na pokazivaču u liniji vidljivosti.

Sistem za automatsko upravljanje u avionu SU-27 omogućuje stabilizovanje osnovnih parametara putanje leta i položaja aviona u prostoru i upravljanje prema prethodno utvrđenom programu. Električni daljinski sistem upravljanja ima četiri stepena zaštite, čime se postiže aerodinamička stabil-

nost aviona i njegova upravljivost oko sve tri ose. Sistem graničnih signala sprečava da avion dostigne ekstrakritične uslove leta. Baš zahvaljujući sistemu za automatsko upravljanje, probni pilot Pugačov iznenadio je Evropu figurom visoke pilotaže koja je, po njemu, nazvana »kobra Pugačova«.

Od vatrenog naoružanja avion je naoružan brzometnim automatskim topom 30 mm GŠ-30L sa borbenim kompletom od 150 metaka i brzinom gađanja 1500 metaka/min. Borbeni komplet municije je relativno mali jer je preciznost pogađanja izvanredna. Mnogobrojna ispitivanja su pokazala da top GŠ-30L može da uništi cilj jednim rafalom od 3 do 6 metaka. Ovakva preciznost se postiže dupliranjem različitih kanala u sistemu upravljanja vatrom (radar, laser, IC). Avionski računar obezbeđuje ugao preticanja koji garantuje izvanrednu preciznost pogađanja.

Od raketnog naoružanja avion nosi samo 10 vođenih projektila vazduh-vazduh na lansirnim uređajima u 10 tačaka (6 na konzolama krila, 2 ispod gondola motora i 2 u tandemu između motora). Ovaj lovački avion može da ponesu do 6 vođenih raketnih projektila srednjeg dometa R-27 sa poluaktivnim radarskim glavama za samonavođenje R-27R (oznaka na Zapadu »Alamo-A«) ili IC glavama za samonavođenje R-27T (»Alamo-B«). Mogu doći u obzir i njihove modifikacije sa povećanim dometom R-27ER (»Alamo C«) i R-27ET (»Alamo D«). Najnovije varijante ovih raketa, R-27AE i R-27EM nemaju još odgovarajuće oznake na Zapadu.

Za varijante vođene rakete R-27 sa radio-komandovanim vođenjem, u kombinaciji sa poluaktivnom radarskom glavom za samonavođenje, postoji mogućnost da avionski radari vrše popravke putanje u vazдушnom prostoru, pa je verovatnoća uništenja cilja veća nego kod američkog analoga AIM-7 SPARROW, koji ne radi u sličnom režimu. Modifikovani raketni motori sa

povećanom energijom omogućuju avionu SU-27 da izvrši preventivni napad na protivnički avion u vazdušnom duelu, zahvaljujući većoj srednjoj brzini na daljinama koje su veće od balističkih mogućnosti običnih raketa srednjeg dometa.

Pored 6 vođenih raketa vazduh-vazduh srednjeg dometa, na spoljašnjim potkrilnim nosačima mogu se podvesiti 4 vođene rakete za bliski manevarski boj sa IC glavama za samonavođenje tipa R-73 (zapadna oznaka AA-11 »Archer«) ili njihove poboljšane varijante R-73E. Na podtrupnim i na dva potkrilna nosača mogu se postaviti gredasti nosači za nošenje avio-bombi i drugih ubojnih sredstava.

Po oceni vazduhoplovno-tehničkih stručnjaka, avion SU-27 je pogodan za održavanje ne samo u skloništim, već i na stajankama. Oprema je smeštena u odseku iza kabine pilota, a pristupa joj se kroz otvor u niši prednje noge stajnog trapa. Vreme za zamenu jednog motora meri se ne danima, već časovima i minutima.

Posle tako uspešne konstrukcije aviona kao što je SU-27, konstruktori su odlučili da iskoriste visoke letačke i druge karakteristike tog aviona za rešavanje i drugih borbenih zadataka, pa se familija SU-27 počela popunjavati modifikacijama.

SU-27UB je dvosedna školsko-borbena varijanta koja je zadržala sve borbene mogućnosti jednosednog aviona. Od 1986. godine proizvodi se serijski, a osnovna razlika od baznog modela je dvosedna (tandem) kabina sa potpunim udvajanjem svih organa upravljanja i pokrivena poklopcem kabine. Na osnovu ove varijante razvijen je avion SU-30 sa sistemom za dopunjavanje goriva u vazduhu. Godine 1988. ovaj avion sa 4 dopunjavanja gorivom u vazdušnom prostoru preleto je bez spuštanja marš-rutu Moskva—Komsomolsk na Amuru — Moskva u dužini od 13440 km.

SU-27K je palubna varijanta (za baziranje na nosaču aviona), prvi let prototipa T-10K-1 bio je avgusta 1987. Od 1989. ova varijanta se nalazi u se-

	SU-27	SU-27K	SU-27UB
Namena	presre- tač	lovac- presre- tač	školsko- borbe- ni
Razmah kri- la (m)	14,7	14,7	14,7
Dužina avio- na (m)	21,935	21,935	21,935
Visina avio- na (m)	5,932	5,932	6.357
Površina kri- la (m ²)	62	62	62
Potisak mo- tora (kN)			
sa naknad- nim sagore- vanjem	2x122,6	2x122,6	2x122,6
bez naknad- nog sagore- vanja	2x74,5	2x74,5	2x74,5
Maksimalna masa u pole- tanju (kg)	30.000	32.000	30.500
Maksimalna borbena no- sivost (kg)	6.000	6.500	—
Maksimalna brzina (km/h)			
na velikim visinama	2.500	2.300	2.125
na malim visinama	1.400	—	—
Maksimalni Mahov broj	2,35	2,17	2,0
Praktični vr- hunac leta (m)	18.500	17.000	17.250
Maksimalni dolet (km)	4.000	3.000	3.000
Maksimalno eksploatacio- no preopte- rećenje (G)	9	9	9

rijskoj proizvodnji. Od osnovnog aviona SU-27 ova varijanta se razlikuje po tome što ima dodatna prednja horizontalna krilca koja su ugrađena u početak korena krila, čime su znatno poboljšane manevarske osobine aviona.

Krila i horizontalne repne površine mogu se sklopiti radi smanjivanja prostora koji avion zauzima u hangarima ispod palube nosača aviona. Razvijena mehanizacija zadnje (izlazne) ivice krila povećava uzgon pri sletanju i znatno smanjuje brzinu sletanja.

Pilotažno-navigaciona oprema varijante SU-27K obezbeđuje automatsko pilotiranje do dodira palube nosača aviona. Radi izmene poletno-sletnih karakteristika ojačana je konstrukcija stajnog trapa, prednja noga ima dva točka, a za kočenje pomoću čeličnog užeta na palubi nosača u repni deo aviona ugrađena je uvlačeća kuka. Uveden je i sistem za dopunjavanje goriva u vazduhu. Avion ima višekanalni kom-

pleks za vezu i sistem za elektronska protivdejstva.

U sastav naoružanja aviona SU-27K, pored ugrađenog topa 30 mm, ulazi nadzvučni protivbrodski vođeni raketni projektil MOSKIT velikog dometa i do 10 raketa vazduh-vazduh.

Lovački avioni familije SU-27 su u stanju da prate i obezbeđuju borbene formacije bombardera dalekog dejstva na celoj marš-ruti. Takve karakteristike što se tiče doleta u kombinaciji sa izvanrednim manevarskim osobinama i opsegom brzina još nije imao nijedan do sada serijski izrađen lovački avion u svetu.

P. Marjanović

NIU »VOJSKA«, 11002 Beograd, Birčaninova 5
Telefoni: 645-020 i 656-122, lokali: 22-584 i 22-788
Telefax: 644-042, žiro-račun: 40823-849-0-2393

NARUDŽBENICA

Pretplaćujem(o) se na časopise za period od 1. januara do 30. juna 1994. godine, i to:

kompleta

1. VOJNO DELO (opštevojni, teorijski časopis) izlazi dvomesečno. Polugodišnja pretplata: 8,00 dinara

2. NOVI GLASNIK (vojno-stručni intervidovski časopis VJ) izlazi dvomesečno, u koloru sa posebnim dodatkom uz svaki broj. Polugodišnja pretplata: 21,00 dinara

3. VOJNOTEHNIČKI GLASNIK (stručni i naučni časopis VJ) izlazi dvomesečno. Polugodišnja pretplata: 8,00 dinara

4. VOJNOISTORIJSKI GLASNIK (časopis Vojnoistorijskog instituta) izlazi četvromesečno. Polugodišnja pretplata: 8,00 dinara



Broj primeraka časopisa koji naručujete upisati u narudžbenicu i poslati na adresu: NIU »VOJSKA«, Birčaninova 5, 11002 Beograd. Za pretplate fizičkih lica ne dostavljamo fakture. Poručioći uplaćuju iznos pretplate na žiro-račun: 40823-849-0-2393 (sa naznakom za koji časopis) i šalju primerak uplatnice uz narudžbenicu.

U slučaju spora nadležan je Drugi opštinski sud u Beogradu.

Časopis slati na adresu:

Kupac

(prezime i ime, naziv ustanove i broj telefona)

Mesto ul. br.

Dana 1994. godine

M. P.

.....
Potpis naručioca

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis Vojske Jugoslavije.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, obuku, organizaciju i sva stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i obrazovanju pripadnika oružanih snaga.

Članak koji se dostavlja Redakciji mora biti kompletan, tj. treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, članak, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru. U propratnom pismu treba istaći da li se radi o originalnom, naučnom, stručnom radu ili kompilaciji, koji su grafički prilozi originalni, a koji pozajmljeni. U kratkom sadržaju — sažeu, treba izneti suštinu članka, najviše u desetak redova.

Članak treba da sadrži uvod, kratak sadržaj, razradu i zaključak. Njegov obim treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa novinskim proredom). Tekst članka mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, sa jasnim mislima, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u zakonski dozvoljenim mernim jedinicama. Matematičke izraze, koji se ne mogu pisati mašinom, ispisati rukom, pri čemu voditi računa o tačnom pisanju slova grčke azbuke, o velikim i malim slovima, o indeksima i eksponentima. Redosled obrazaca (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi tušem na paus-papiru. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane. Članak se obavezno dostavlja u dva primerka.

Spisak grafičkih priloga sadrži naziv slike — crteža i nazive pozicije na njima.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima VJ.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, titulu, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro-račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopis slati na adresu: Redakcija »Vojnotehničkog glasnika«, 11002 Beograd, Birčaninova 5, VE-1.

LIKOVNO-TEHNIČKI UREDNIK

Slobodan Mihailović

LEKTOR

Dobrila Miletić, prof.

KORICE

Mihajlo Stankić, dipl. inž.

KOREKTOR

Jovan Đokić, dipl. inž.

SEKRETAR REDAKCIJE

Branka Stojakov
(telefon 656-122 lokal 23-156)