

IZDAJE

NIU »VOJSKA«, Birčaninova 5,
BeogradZA IZDAVAČA
NAČELNIK NIU »VOJSKA«STANOJE JOVANOVIĆ, pukovnik
(telefon: 645-786, 29-189 i 29-187)

UREĐIVAČKI ODBOR:

- Pukovnik
dr JUGOSLAV KODZOPELJIĆ, dipl. inž.
(predsednik Odbora)
- Pukovnik
MIROSLAV MARTINOVIĆ, dipl. inž.
MT pukovnik
dr NOVIĆA 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 Čolbašić, dipl. inž.
(sekretar Odbora)
- Pukovnik
MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.
Potpukovnik
mr SASA 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 Čolbašić, dipl. inž.
(tel. 646-277, 23-59-133 ili 33-133)

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

Sekretar redakcije
Kešetović Sadika
(tel. 33-323)

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK — BEOGRAD, Birčaninova 5,
Pretpata 642-042 i 22-788, žiro-račun: NIU
»VOJSKA« (za Vojnotehnički glasnik)
40823-849-0-2393 Beograd. Polugodišnja
pretplata: za pojedince — 15,00 dinara.
Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna
štampanija — 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 JUGOSLAVIJEVOJNOTEHNIČKI
GLASNIK

1

GODINA XLIII • JANUAR—FEBRUAR 1995.

S A D R Ž A J

Dr Radovan Maksić, pukovnik, dipl. inž.	5	Organizaciona komponenta u obrazovanju oficira tehničke službe Vojske Jugoslavije
Dr Siniša Borović, pukovnik, dipl. inž. Dr Dragana Bečejski- -Vujaklija, dipl. inž.	10	Model sistema za podršku ekspertskog ocenjivanja elemenata ITOb-a
Dr Svetomir Minić, potpukovnik, dipl. inž.	17	Model preventivnog održavanja tehničkih sistema »po vremenu« na bazi kriterijuma minimalnih troškova
Dr Vasilije Mišković, major, dipl. inž.	25	Model sistema snabdevanja municijom artiljerije za podršku
Sc Marko Andrejić, kapetan I klase, dipl. inž.	36	Prilog planiranju mesečnog rada radionice za tehničko održavanje u združenim taktičkim jedinicama
Mr Zoran Ristić, potpukovnik, dipl. inž.	46	Određivanje slobodnih vibracija cevi oruđa
Mr Dušan Regodić, major, dipl. inž.	52	Uticaj vrste strujanja na ukupni aerodinamički koeficijent
Mr Predrag Petrović, dipl. inž. Dr Slobodan Janković, dipl. inž. Mr Milan Vojnović, dipl. inž.	65	Identifikacija izvora buke na mlaznom avionu G-4 radi njenog smanjenja
Svetislav Marković, dipl. inž.	76	Analiza uređaja sa zatvorenim kolom opterećenja za ispitivanje zupčastih prenosnika
Dragan Stamenković, dipl. inž.	93	Savremeni digitalni sistemi prenosa i digitalna mreža sa integrisanim uslugama
Dr Ljubiša Šutulović, major, dipl. inž.	108	Zaštita očiju od svetlosnog bleska nuklearne eksplozije
Dr Svetomir Minić, potpukovnik, dipl. inž.	118	Informacioni sistemi u održavanju vozila (prikaz monografije)

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

P. Marjanović	120	Snajperska puška SVD
P. Marjanović	121	Samohodna haubica 152 mm 2S19 MSTA-S
P. Marjanović	125	Oklopna borbená vozila — borbeno vozilo pešadije BMP-3
P. Marjanović	127	Protivavionski sistem STRELA 10 MZ
P. Marjanović	130	Borbeni helikopter Ka-50
P. Marjanović	134	Presretač MiG-31
P. Marjanović	137	Male ruske podmornice

Dr Radovan Maksić,
pukovnik, dipl. inž.

ORGANIZACIONA KOMPONENTA U OBRAZOVANJU OFICIRA TEHNIČKE SLUŽBE VOJSKE JUGOSLAVIJE

Organizaciona komponenta je veoma značajna u obrazovanju oficira tehničke službe Vojske Jugoslavije (VJ). U eri velikih dostignuća nauke i tehnologije ne smanjuje se značaj ugradnje predmeta u nastavne planove i programe za obrazovanje inženjera iz oblasti organizacionih nauka. Razvijanje *menadžerskih* sposobnosti je izuzetno značajno za inženjere svih profila, a posebno za oficire tehničke službe Vojske Jugoslavije. Obrazovni proces podrazumeva stalno praćenje osposobljenosti kadra i preduzimanje potrebnih mera za njegovo poboljšanje.

Uvod

Školovanje oficira tehničke službe u Vojnotehničkoj akademiji Vojske Jugoslavije podrazumeva obrazovanje za profesiju oficira, kao i stalno usavršavanje aktivnog i rezervnog oficirskog kadra. Ostvarivanje složenih zadataka školovanja, pored ostalog, obuhvata usvajanje fundamentalnih i primenjenih znanja iz raznih oblasti opšteg i vojnostručnog područja. Za oficire tehničke službe posebno je značajno izučavanje vojnih, prirodno-matematičkih, tehnoloških i stručno-specijalističkih područja i disciplina tehničkog obezbeđenja.

Discipline tehničkog obezbeđenja se izučavaju na katedri tehničkog obezbeđenja Vojnotehničke akademije Vojske Jugoslavije. Njima se obezbeđuje organizaciona komponenta obrazovanja oficira tehničke službe, koja se realizuje kroz nastavne predmete školovanja svih nivoa, od osnovnog do diplomskog školovanja aktivnih i rezervnih oficira do školovanja naučno-nastavnog kadra na posleddiplomskim studijama. Svakom nivou je primerena *količina* znanja iz organizacionog područja, s obzirom na funkcije koje će budući oficiri obavljati i zahtev da se omogući praćenje domaće i strane li-

terature, usavršavaju i dopunjavaju znanja značajna za teoriju i praksu u službi.

Za svaki obrazovni nivo potrebno je odrediti ciljeve i zadatke obrazovanja, a u okviru ukupno raspoloživog vremena odnos teorijskih i praktično-primenjenih znanja koje treba ugraditi u nastavne planove i programe studija. Počev od planiranja i programiranja nastavnog rada do vrednovanja nastave i istraživanja vezanih za nastavni proces, na katedri tehničkog obezbeđenja postoji stalna intencija ka postizanju najboljih rezultata. Izuzetan je značaj povratnih informacija o primeni stečenih znanja u praksi radi korekcije nastavnih planova i programa i dogradnje nastavnih predmeta katedre.

Problemi planiranja i organizacije obrazovanja

Školovanje studenata Vojnotehničke akademije za profesiju oficira, koji će se u svom radnom veku sresti sa problemima organizacione prirode na dužnostima u izvršnim i upravnim organima tehničke službe, podrazumeva i odgovarajuću zastupljenost organizacionog područja u nastavi. Fundamen-

talna znanja iz oblasti naučne organizacije rada studiraju se posle odslušanih (i položenih) ispita iz prirodno-matematičkih disciplina, što je uvod u seriju predmeta iz oblasti tehničkog obezbeđenja. Kroz te predmete treba postići sledeće obrazovne ciljeve:

- osposobljavanje za primenu i usavršavanje metoda rada na rešavanju zadataka borbene gotovosti u okviru svog nivoa odgovornosti;

- primenu i usavršavanje metoda naučne organizacije rada u upravljanju i raspolaganju resursima;

- razvijanje kreativnih i istraživačkih sposobnosti, odgovornosti u radu, preduzetničkog duha i smisla za saradnju;

- razvijanje liderskog duha.

Za postizanje tih i drugih ciljeva određeno je vreme u ukupnom fondu časova za nastavu prema kojem se izrađuju nastavni planovi i programi za navedene predmete.

Andragoški ciklus obrazovanja počinje ispitivanjem potreba, a ostvaruje se planiranjem, programiranjem, organizovanjem i izvođenjem obrazovnog procesa i vrednovanjem rezultata obrazovnog rada. Aktivnosti u procesu izrade nastavnog plana i programa, za predmete pomoću kojih treba da se ostvari organizaciona komponenta u obrazovanju oficira tehničke službe, prikazane su blok-dijagramom na slici 1.

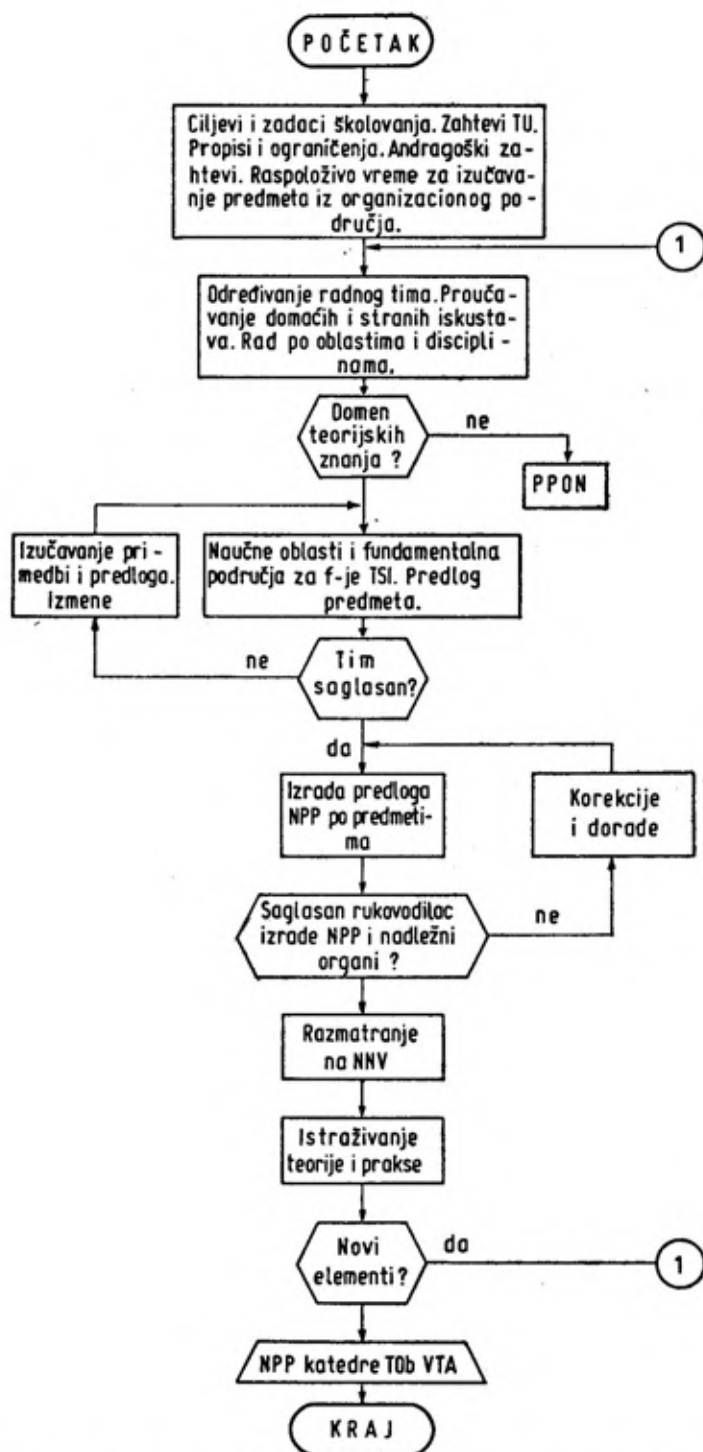
Pošto se utvrde obrazovne potrebe iz oblasti tehničkog obezbeđenja, prema potrebnom profilu oficirskog kadra tehničke službe i uslovima za realizaciju potreba, pristupa se izradi nastavnog plana i programa za pojedine predmete. Kroz nastavni plan se određuju ciljevi i zadaci za svaki nastavni predmet i vremensko trajanje nastave, kao i redosled izučavanja (na primer, fundamentalno područje iz naučne organizacije rada sledi nakon prirodno-matematičkog područja, a pret-

hodi organizaciji snabdevanja TMS ili organizaciji održavanja).

Nastavnim programom za pojedine predmete određuju se dubina i obim obrazovnih sadržaja i raspored materije, i definiše plan realizacije nastavnih sadržaja. U izradi nastavnih planova i programa učestvuju najiskusniji nastavnici katedre, uz konsultacije s oficirima tehničke službe odgovarajućeg naučnog i stručnog zvanja i na osnovu respektivnih iskustava u radu izvršnih i upravnih organa. Didaktičko strukturiranje programskih sadržaja, obavlja se uz uvažavanje domaćih i stranih iskustava u toj oblasti. Spoznaja o primenljivosti ranije stečenih znanja obično je rezultat istraživanja — povratne sprege, koja se ispoljava kroz stanje u službi i stepen realizacije zadataka, situacija na planu inventivne delatnosti bivših studenata i broja naučnih i stručnih radova. Nastavno-naučnom kadru katedre te informacije su jedna od osnova pri izradi i stalnom usavršavanju planova, i realizaciji nastavnih sadržaja iz predmetnih područja tehničkog obezbeđenja.

Praćenje i vrednovanje nastavnog plana i programa, kao i realizacije nastavnih sadržaja, obavlja se permanentno, pri čemu se ustanovljava potreba za dopunama i promenama. Stalno usavršavanje nastavnika na naučnom i pedagoškom planu deo je aktivnosti katedre kojima se posvećuje izuzetna pažnja, prema stanju u internom i eksternom okruženju i mogućnostima. Praćenje domaće i strane literature iz naučnih i vojnostručnih oblasti i disciplina sastavni je deo pripreme nastavnika za nastavu svih nivoa obrazovanja. Takođe, podrazumeva se angažovanje nastavnika u izradi naučnoistraživačkih projekata iz nadležnosti tehničke službe, čime se teorija i praksa materijalizuju i poboljšava kvalitet nastave iz područja tehničkog obezbeđenja.

U sticanju organizacionih znanja koristi se informatička tehnologija pri-



Sl. 1 — Dijagram toka izrade NPP za predmete katedre TOb-a VTA

merena nivou obrazovanja — od korišćenja gotovih programskih paketa do izrade sopstvenih programa za rešavanje praktičnih i teorijskih problema. Metode operacionih istraživanja koriste se u osnovnom (dodiplomsko) školovanju oficira tehničke službe, pa se podrazumeva njihova primena i u rešavanju seminarskih zadataka i diplomskih i drugih radova.

S obzirom na do sada postignute rezultate u osposobljavanju nastavnika i dobru materijalnu osnovu nastave (raspolaganje informatičkom tehnologijom itd.), postižu se dobri rezultati i u unapređenju organizacionih oblika nastave. Sve manje je klasičnih predavanja, a više seminara, vežbi, konsultacija i rešavanja zadataka u kojima studenti imaju aktivnu ulogu. U profesionalnom osposobljavanju budućih oficira tehničke službe, za rešavanje zadataka organizacione prirode koristi se odgovarajuća uža i šira domaća i strana literatura i odgovarajuća nastavna sredstva.

Praktično-primenjeni oblici nastave veoma su značajni u izgradnji organizacionih znanja i sposobnosti na svim nivoima, a posebno u osnovnom dodiplomskom školovanju. Ti oblici nastave zastupljeni su u toku školovanja svih struktura, a vremenski su raspoređeni prema dostignutom stepenu obrazovanja.

U organizaciji katedre tehničkog obezbeđenja organizuje se završno logorovanje po tehničkoj službi, koje se izvodi u završnoj fazi školovanja, nakon odslušane nastave iz organizacionog područja.

Neposredna priprema za buduću praksu

Nakon ovladavanja znanjima iz fundamentalnih, vojnih, prirodno-matematičkih i stručno-specijalističkih disciplina, studenti i slušaoci, budućí oficiri tehničke službe (profesionalni i re-

zervni oficirski kadar) provode određeno vreme na završnom logorovanju po tehničkoj službi. Nastavnim planom i programom taj posební oblik nastave predviđen je radi obučavanja, uvežbavanja i osposobljavanja studenata u rešavanju zadataka tehničkog obezbeđenja združenih taktičkih jedinica u terenskim uslovima.

I u tom nastavnom obliku do potpunog izražaja dolazi organizaciono osposobljavanje studenata, pri čemu je osnovna ideja da se ranije naučena organizacija i tehnologija rada primeni u terenskim uslovima. Na taj način stvara se *model* za lakše snalaženje u rešavanju konkretnih zadataka na vežbama i u borbenim dejstvima. Od definisanih ciljeva završnog logorovanja najvažniji su:

— obučavanje, uvežbavanje i osposobljavanje studenata u razvijanju stanica tehničkog snabdevanja i održavanja, organizaciji rada, svijanju i premeštanju stanica;

— obučavanje u komandovanju i organizaciji sadržaja i obezbeđenja borbenih dejstava koje sprovode jedinice tehničke službe;

— obučavanje u organizaciji i obavljanju konkretnih zadataka tehničkog obezbeđenja u taktičkim i združenim taktičkim jedinicama u borbenim dejstvima, u ulozi izvršnih organa tehničke službe.

Postavljeni ciljevi i zadaci se ostvaruju uz kompletno materijalno obezbeđenje, uz angažovanje formacijskih sredstava jedinice čije se tehničko obezbeđenje proigrava na određenom terenu. Optimalizacije se ostvaruju uz određena ograničenja, ali se postižu ciljevi i potpuno obavljaju zadaci tog, za obuku oficira tehničke službe VJ izuzetno značajnog posebnog oblika nastave. Iskustva su pokazala da je taj oblik nastave veoma koristan u kompletiranju znanja iz organizacionog područja.

Postavljanje studenta u poziciju da u konkretnoj situaciji preduzme adekvatne mere (izvlačenje *teže oštećenog* TMS, procena važnih elemenata i izdavanje zapovesti za dotur i evakuaciju, mere borbenog obezbeđenja, pronalaženje *oštećenog* TMS i intervencija, izdavanje zapovesti za premeštanje stanice za tehničko snabdevanje itd.) ima obrazovni, ali i vaspitni efekt.

Zaključak

Organizaciona komponenta u obrazovanju oficira tehničke službe dobija sve veći značaj u skladu s razvojem nauke i tehnologije i karakteristikama savremenih ratova. Nakon usvajanja predviđenih znanja iz vojnih, prirodno-matematičkih i stručno-tehničkih disciplina, studenti Vojnotehničke akademije stiču znanja iz organizacionog područja.

Na osnovnom (dodiplomsko) školovanju fond stečenog znanja treba da omogući profesionalno obavljanje dužnosti i dalju nadgradnju kroz samostalan rad, praćenje domaće i strane literature, dalje oblike školovanja. Već

na tom nivou obrazovanja posvećuje se pažnja proučavanju odabranih metoda operacionih istraživanja i korišćenju savremene informatičke tehnologije u rešavanju zadataka organizacione prirode.

Osposobljavanje nastavnika takođe je jedan od značajnih zadataka katedre, i to školovanjem na poslediplomskim studijama, i uključivanjem u istraživačke projekte značajne za službu. Uz teorijsku nastavu, praktično-primenjeni oblik nastave ima veliki značaj za razvoj organizacionih sposobnosti oficira tehničke službe, a primenjuje se na svim nivoima sticanja znanja.

Stalni napor da se podigne kvalitet nastave u osposobljavanju profesionalnog i rezervnog oficirskog kadra tehničke službe VJ podrazumeva i stalna istraživanja, za koja su neophodne informacije o primeni stečenih organizacionih znanja i veština u praksi. Pored ustaljenih načina prikupljanja informacija, nastavnici katedre tehničkog obezbeđenja smatraju da bi članci, rasprave i polemike na tu temu bile dobrodošle i na stranicama »Vojnotehničkog glasnika«.

Literatura:

[1] Samolovčev B.: Opšta andragogija, V. Masleša, Sarajevo, 1979.

[2] UVJ, Suština, funkcija i pravci promena nastave na UVJ, Beograd, 1992.

[3] VTA CVS VJ, Nastavni plan i program VTA, Beograd, 1993.

[4] Katedra TOB VTA, Nastavni planovi i programi za predmete katedre TOB VTA CVS VJ, Beograd, 1993.

Dr Siniša Borović,
pukovnik, dipl. inž.
Dr Dragana Bečejski
Vujaklija, dipl. inž.

MODEL SISTEMA ZA PODRŠKU EKSPERTSKOG OCENJIVANJA ELEMENATA ITOb-a

U radu je prikazan formalizovani postupak za pristup ocenjivanju složenih tehničkih sistema po elementima integralnog tehničkog obezbeđenja (ITOb), od faze koncepcije i definisanja, preko razvoja, proizvodnje, do kraja životnog ciklusa. Radi izgradnje modela i razvoja sistema za podršku ocenjivanju analizirani su osnovni elementi, rasponi i skale za ocenjivanje i prikazan je način pripreme podataka. Posebna pažnja posvećena je razradi postupka izbora uzoraka parametara koji se ocenjuju, saglasno željenoj statističkoj tačnosti i relativnoj sigurnosti. Sam postupak obrade ocena podržan je softverom koji izračunava srednje ocene pojedinih područja i ITOb-a u celini.

Uvod

Klasični kvantitativni modeli za podršku odlučivanju zasnivaju se na tvrdim, egzaktnim podacima o sistemu i njegovom okruženju, koji u praksi nisu nikada bili zastupljeni onoliko koliko su njihovi autori smatrali da je potrebno. Razlog za relativno slabu prihvaćenost tih modela nije samo neupućenost potencijalnih korisnika već i to što svi oni pretpostavljaju značajno uprošćenu sliku realnog sveta i primoravaju korisnika da prilagođava realnost modelu, a ne obrnuto. Očigledno, radi se o potrebi za novim pristupom problemima optimizacije u odlučivanju. U uslovima brze razmene informacija, pojavio se sistem za podršku odlučivanju, namenjen slabo strukturiranim problemima (kakvi su gotovo svi problemi odlučivanja). Uključivanje mekih podataka (procena, prognoza, ekspertске ocene) u optimizacione modele suštinski je nov pristup ranije poznatim konceptima u teoriji i praksi odlučivanja.

Ekspertsko ocenjivanje, kao metoda timskog rada, mobilise znanja i iskustva šireg kruga stručnjaka, koji, koristeći različite tehnike, imaju zadatak da utvrde kriterijume odlučivanja, objektivizuju nedovoljno strukturirane podatke koji utiču na ocenu i donesu

ocenu o predmetu ocenjivanja. Ekspertsko ocenjivanje nije nova metoda. Zapravo, njeni elementi su sadržani u mnogim poznatim istraživačkim metodama predviđanja, ali je u novije vreme, razvojem sistema za podršku odlučivanju, dobila veći značaj i izdvojena je kao samostalna metoda.

Predmet ekspertskog ocenjivanja je najčešće podrška odlučivanju o programima i projektima koji imaju širi značaj po resursima koje angažuju (finansijski, kadrovski, tehnički, ili drugi), ali i o bilo kojem drugom strateškom pitanju čiji značaj opravdava troškove ekspertize.

Ekspertsko ocenjivanje u Vojski Jugoslavije (VJ) treba da obezbedi neophodne elemente za:

— usklađivanje programa u oblasti istraživanja i razvoja s dugoročnim planovima razvoja VJ;

— usklađivanje programa i projekata u oblasti istraživanja i razvoja s globalnim ciljevima razvoja VJ i zahtevanim nivoima borbene gotovosti;

— optimalnu realizaciju programa i projekata s obzirom na raspoložive mogućnosti svih uticajnih činilaca (ratna veština, naučno-tehnološki, tehnoko-ekonomski, logistička podrška, kvali-

tet, pouzdanost, rokovi, organizacija rukovođenja, okruženje u kojem će se odvijati program, i drugo);

— utvrđivanje koeficijenta iskorišćenja teorijskih potencijala i verovatnoće uspeha u različitim uslovima realizacije programa i projekata;

— utvrđivanje nivoa rizika i neizvesnosti realizacije programa;

— smanjivanje mogućnosti eventualnih promašaja u vojnoj, tehničkoj, tehnno-ekonomskoj i drugim oblastima, i drugo.

Osnovni kriterijumi ekspertskog ocenjivanja kompletnog programa su:

— opravdanost sa stanovišta ratne veštine,

— vojno-tehnička opravdanost,

— vojno-ekonomska opravdanost,

— izvodljivost,

— relevantnost,

— realnost,

— perspektivnost,

— proizvodna opravdanost,

— vreme realizacije i dobijeni rezultati,

— osposobljenost učesnika u programu,

— komercijalnost, i

— rizici i neizvesnost realizacije.

Svaki program, u organizaciji ekspertskog ocenjivanja, dekomponuje se u više oblasti, a to su najčešće:

— ratna veština,

— naučno-tehnološka oblast,

— *integralno tehničko obezbeđenje,*

— kvalitet i pouzdanost,

— tehnno-ekonomska analiza,

— organizacija rukovođenja i upravljanja programom,

— specifični aspekti konkretnog programa.

Svim fazama ekspertskog ocenjivanja rukovodi nosilac projekta ekspert-

skog ocenjivanja, uz pomoć koordinacionog tela, sastavljenog od po jednog stručnjaka iz svake radne grupe.

Metodološka izrada elemenata ITOb-a koji učestvuju u ekspertskom ocenjivanju

Elementima ITOb-a mogu se smatrati svi elementi sistema ili podsistema koji obezbeđuju efektivnu i ekonomičnu podršku funkcionisanju tehničkih materijalnih sredstava (TMS) u nekom organizacionom sistemu kroz njihov celokupni programirani životni ciklus. Tako bi se permanentno održavao zahtevani stepen operativne gotovosti — raspoloživosti u propisanim uslovima upotrebe i održavanja.

U stručnoj literaturi se navode različite klasifikacije elemenata ITOb-a i parametara koji ih određuju, a osnovni elementi ITOb-a jesu:

— pouzdanost sredstva,

— *pogodnost za održavanje,*

— logistička podrška,

— *potrebni kadar i obuka,*

— tehnička dokumentacija i informatička podrška,

— čuvanje, smeštaj i transportovanje,

— tipizacija, unifikacija i standardizacija.

Kao primer, u tabelama 1 i 2 prikazana je dalja dekompozicija dva od sedam osnovnih elemenata ITOb-a.

Projektovanje modela ekspertskog ocenjivanja elemenata ITOb-a

Model ekspertskog ocenjivanja elemenata ITOb-a projektuje se prema sledećim fazama:

1. *Određivanje broja eksperata za ITOb.* Kako je ITOb samo jedna od oblasti ekspertskog ocenjivanja zavisno od obima programa/projekta koji se

Tabela 1

Kriterijum: <i>Pogodnost za održavanje</i>		
1. Mogućnost obezbeđenja kadra		
1.1	Mogućnost popune kadrom po RF	
1.2	Mogućnost obezbeđenja kadra po RES-ti	
2. Mogućnost uključenja u postojeći sistem održavanja i snabdevanja r/d		
2.1	Ocena pogodnosti propisanih resursa	
2.2	Osnovno održavanje	
2.3	Tehničko održavanje	
2.4	Srednji remont	
2.5	Generalni remont (revizija)	
2.6	Mogućnost korišćenja postojećih radioničkih kapaciteta i opreme	
2.7	Zahtevi za dopunskim kapacitetima i infrastrukturom na teritoriji	
3. Utrošak zavisnih resursa		
3.1	Troškovi za standardna eksploataciona sredstva	
3.2	Troškovi za specijalna eksploataciona sredstva	
3.3	Odnos domaćih i uvoznih komponenata za održavanje	
3.4	Ocena usaglašenosti potrebnih vremenskih parametara za održavanje i operativno-taktičkih zahteva po nivoima	

ocenjuje, uobičajeno je da bude od 2 do 5 eksperata.

2. *Izbor veličine uzorka za zadanu statističku sigurnost i relativnu tačnost.* Prema opštem modelu, ukupan broj parametara po svim elementima ITOb-a veoma je velik, tako da se u svakoj konkretnoj situaciji ne mogu ocenjivati svi parametri. To nije racionalno ni vremenski, a ni s aspekta sposobnosti

Tabela 2

Kriterijum: <i>Potrebni kadar i obuka</i>		
4.1 Obučenosť kadra za održavanje TMS		
4.1.1	Obučenosť rukovodilaca u planiranju i sprovođenju osnovnog održavanja TMS	
4.1.2	Obučenosť izvršilaca — korisnika u sprovođenju osnovnog održavanja TMS	
4.1.3	Obučenosť rukovodilaca u planiranju i organizovanju ITOb-a	
4.1.4	Obučenosť izvršilaca u realizaciji zadataka ITOb-a	
4.1.5	Obučenosť ostalih učesnika u izvršnim organima	
4.2 Poznavanje dokumenata ITOb-a		
4.2.1	Kompletnosť, ažurnosť i kvalitet dokumenata po ITOb-u	
4.2.2	Poznavanje sadržaja dokumenata ITOb-a (od strane izvršilaca)	
4.3 Uvežbanosť u realizaciji zadataka ITOb-a — nivo obučenosti		
4.3.1	Uvežbanosť rukovodilaca u realizaciji zadataka ITOb-a u b/d	
4.3.2	Uvežbanosť operativnih rukovodilaca u realizaciji zadataka ITOb-a u b/d	
4.3.3	Uvežbanosť izvršnih organa u realizaciji zadataka ITOb-a u b/d	
4.3.4	Uvežbanosť izvršilaca u upotrebi TMS	
4.4 Mogućnosť angažovanja okruženja u rešavanju problema ITOb-a		
4.4.1	Saradnja i angažovanje kapaciteta okruženja u rešavanju problema ITOb-a TMS	
4.4.2	Mogućnosť čuvanja TMS u specifičnim uslovima	

eksperata da u jednom krugu ocenjivanja objektivno i s jednakom koncentracijom obuhvate preveliki broj parametara. Stoga se pristupa ocenjivanju na osnovu uzorka, s tim što se bira statis-

tička sigurnost i relativna tačnost koje zadovoljavaju kriterijume takve vrste ocenjivanja.

Da bi se obezbedila zahtevana statistička sigurnost i preciznost zaključivanja kroz završnu ocenu mora se odrediti, za svaki skup, potreban broj obilazaka (potreban broj generisanih ocen-skih lista). Pošto se radi o homogenom skupu, koji ima definisane i uzajamno povezane parametre, i koji teorijski nije veliki, treba garantovati da je uzeti uzorak baš iz tog skupa.

Prema tabeli 3, za područje organizacije rada uzimaju se vrednosti iz pr-

ti bude od 11 do 16 (saglasno koloni 1 iz priložene tabele).

Generator ravnopravno uzima u obzir parametre svih sedam elemenata ITOB-a. Da bi postojala podjednaka mogućnost da svi parametri budu izabrani primenjen je obrazac za ukupan broj obilazaka — broj ciklusa testiranja (n), verifikovan u metodi trenutnih zapažanja, koji u konačnom obliku glasi:

$$n = \frac{u^2}{\epsilon_r^2} \cdot \frac{1-p}{p}$$

za statističku sigurnost 95,5% i relativ-

Tabela 3

Izbor potrebnog broja uzoraka po jednom ocenskom listu							
Pouzdanost ocene (%) tačnost ocene	95,5	97,2	98,4	99,1	99,5	99,7	Napomena
$K = 0,1$	400	484	576	676	784	900	tačnost ocene: $\epsilon = K \cdot \sigma$ predstavlja polovinu širine intervala ocene
$K = 0,2$	100	121	144	169	196	225	
$K = 0,3$	44	54	64	75	87	100	
$K = 0,4$	25	30	36	42	49	56	
$K = 0,5$	16	19	23	27	31	36	
$K = 0,6$	11	13	16	19	23	25	

ve kolone (statistička sigurnost 95,5% i relativna tačnost $K=0,5$ i $K=0,6$).

3. *Neposredan izbor parametara koji čine ocensku listu.* Obavlja se prema generatoru slučajnih brojeva uniformne raspodele, uz izostavljanje već uzetog parametra:

$$Y = F^{-1}(E) = a + (b-a) \cdot E.$$

4. *Određivanje ukupnog broja uzoraka* (ukupni broj parametara koji će biti ocenjivani) i *potrebnog broja ciklusa ocenjivanja.* Pošto je izabran način slučajnog uzimanja uzoraka iz osnovnog skupa, koji čine parametri svih elemenata ITOB-a, racionalno bi bilo da broj pitanja po jednoj ocenskoj lis-

nu tačnost rezultata $\epsilon = \pm 5\%$, broj ciklusa testiranja je:

$$n = 1600 \cdot \frac{1-p}{p}$$

Na osnovu iskustva, dovoljno dobri rezultati dobijaju se i sa 1600 jedinica uzoraka, za pet eksperata po 16 uzoraka u jednom ciklusu ($u=2$, $\epsilon_r=0,05$):

$$n_1 = 80; n_0 = 1600:80 = 20 \text{ ciklusa testiranja.}$$

Definisanje opštih kriterijuma za ocenjivanje

U pripremnoj fazi treba ustanoviti da li eksperti za ITOB poznaju konkret-

Uzorak istinga obrađenih ocena za elemenat PT-4

PT-4. Potrebni kadar i obuka									
Naziv organizacione jedinice: VTA šifra jed. kriterijum za ocenjivanje									
Parametar ocenjivanja			100 do 90 5	90 do 80 4	80 do 70 3	70 do 50 2	50 do 0 1	Koef. važn. Ukup ocen	
4.1	1	Obučenost rukovodi- laca u planiranju i sprovođenju osnov- nog održavanja TMS	5					2	4
	2	Obučenost izvršilaca- korisnika u sprovo- đenju osnovnog održa- vanja TMS		4				2	
	3	Obučenost rukovodi- laca u planiranju i organizovanju ITOb-a		4				1	
	4	Obučenost izvršilaca u realizaciji zadataka ITOb-a			3			1	
	5	Obučenost ostalih učesnika u izvršnim organima			3			1	
4.2	1	Kompletnost, ažur- nost i kvalitet doku- menata po ITOb-u		4				1	4,5
	2	Poznavanje sadržaja dokumenata ITOb od strane izvršilaca	5					1	
4.3	1	Uvežbanost rukovodi- laca u realizaciji za- dataka ITOb-a u b/d	5					1	4,4
	2	Uvežbanost operativ- nih rukovodilaca u realizaciji zadataka ITOb-a u b/d		4				1	
	3	Uvežbanost izvršnih organa u realizaciji zadataka ITOb-a u b/d			3			1	
	4	Uvežbanost izvršilaca u upotrebi TMS	5					2	
4.4	1	Saradnja i angažova- nje kapaciteta okru- ženja u rešavanju pro- blema ITOb-a TMS			3			1	4,33
	2	Mogućnost čuvanja TMS u specifičnim uslovima	5					2	
OCENA STANJA PT — 4 : 4,23									

ni program i da li su spremni za individualno ocenjivanje. Ako je stav eksperata da su više od 60% spremni za davanje ocene (ocena spremnosti veća od 2,75 u varijanti skale od 1 do 5), može se pristupiti individualnom ocenjivanju. Ukoliko je srednja ocena spremnosti viša od 70% (ili srednja ocena 3,0 u skali od 1 do 5), može se pristupiti i formiranju grupne ocene.

Ekspertima su, za procenu stanja elementa ITOb-a raspoloživi bodovi u rasponu od 0 do 100, kako bi im se omogućila veća sloboda i preciznost u ocenjivanju. Ti bodovi se pretvaraju u ocene od 1 do 5, tako što donosilac odluke određuje raspone i pragove za zaključivanje parcijalnih ocena prema parametrima (shodno primeru skale u zaglavlju tabele 4).

Ocena važnosti elementa w_j (njegova relativna težina) uobičajeno je u rasponu od 1 do 3. Tu ocenu može da odredi donosilac odluke ili da je prepusti ekspertima.

Na osnovu ekspertskih ocena, ocenama parametara izračunava se statistički uz korišćenje softvera za proračun srednje vrednosti i standardne devijacije datih ocena.

Vrednosti ocena elemenata ITOb-a, kao područja ekspertize, izračunavaju se na isti način. Nakon toga sledi određivanje ukupne ocene po ITOb-u.

U tabeli 4. predstavljen je jedan obrađen elemenat ITOb-a, s pojedinačnim ocenama svih parametara, kao i s ukupnom ocenom za određeni element.

U tabeli 5. prikazan je obrađen izveštaj o oceni jednog elementa. Parametri su, saglasno zadatom kriterijumu, razvrstani u tri grupe: oni koji ne zadovoljavaju (to su, u ovom slučaju, parametri koji su dobili ocene od 1 do 3), oni koji zadovoljavaju (ocene od 3 do 4,4), i oni koji imaju odličnu ocenu (od 4,5 do 5).

IZVEŠTAJ 4

[1 do 3] NE ZADOVOLJAVA

- 0414 Obučenosť izvršilaca u realizaciji ITOb-a 3
- 0415 Obučenosť ostalih učesnika za ITOb-a 3
- 0433 Uvežbanosť izvršilaca u realizaciji ITOb u b/d 3
- 0441 Saradnja i angažovanje kapaciteta okruženja 3

[3 do 4,4] ZADOVOLJAVA

- 0412 Obučenosť izvršilaca za osnovno održavanje TMS 4
- 0413 Obučenosť rukovodilaca u planiranju i organizovanju ITOb-a 4
- 4.1 SUMA po obučenosti 4
- 0421 Kompletnosť dokumenata po ITOb-u 4
- 0432 Uvežbanosť operativnih rukovodilaca za ITOb u b/d 4
- 0442 Mogućnosť čuvanja TMS u specifičnim uslovima 4
- 4.4 SUMA po kapacitetima okruženja 4,3333349227
- UKUPNA OCENA ČETVRTOG PODRUČJA EKSPERTIZE 4,2352943420

[4,4 do 5] IZBOR

- 0411 Obučenosť rukovodilaca u osnovnom održavanju TMS 5
- 0422 Poznavanje dokumentacije ITOb od izvršilaca 5
- 0434 Uvežbanosť izvršilaca u upotrebi TMS 5
- 4.2 SUMA po poznavanju dokumentacije 4,5
- 0431 Uvežbanosť rukovodilaca za ITOb u b/d 5
- 4.3 SUMA po uvežbanosti 4,4
- 0442 Čuvanje TMS u spec. uslovima 5

Prikazani model je softverski podržan u fazi formiranja ocenskih lista, pri čemu generator slučajnih brojeva bira parametre koji će biti ocenjivani u konkretnom krugu ocenjivanja, kao i za kompletnu obradu ocena po svim elementima i formiranje konačne ocene o ITOb-u.

Zaključak

Pristup ocenjivanju stanja ITOb-a pojedinog projekta/programa korišćenjem prikazanog modela omogućava:

— celovito sagledavanje svih elemenata ITOb-a kroz sistematizaciju svih njihovih parametara;

— otvorenost modela za dalju dogradnju (dodavanje novih parametara i elemenata specifičnih za pojedini program);

— skraćanje ukupnog vremena ocenjivanja, uz očuvanje željene statističke sigurnosti i tačnosti;

— poboljšanje objektivnosti i kvaliteta ocenjivanja primenom više krugova ocenjivanja sa manjim brojem parametara na pojedinačnom ocenskom listu;

— pojednostavljenje postupka izrade ocenskih lista primenom generatora za izbor parametara za ocenu;

— skraćanje vremena obrade ocenskih lista i formiranja konačne ocene po ITOb-u.

Buduća praksa će omogućiti istraživanja u pravcu dogradnje metodike provođenja kompletnog postupka ekspertskog ocenjivanja, uz integralniju upotrebu softvera u svim fazama rada.

Literatura:

[1] Borović, S.: Teorija odlučivanja (šesti deo iz knjige Organizacijska teorija), Informator, Zagreb, 1991. god.

[2] Vujanović, N., Puharić, B.: Osnovne postavke sistema ekspertskog ocenjivanja programa, projekata i zadataka u OS SFRJ, Naučnoteh-

nički pregled, vol. XXXV/III, 1988, br. 1, str. 40—45.

[3] Bečejski-Vujaklija, D.: Metodološke osnove ekspertskog ocenjivanja u funkciji podrške odlučivanju, SIMORG 91, zbornik radova, Koponik 1991, str. 158—165.

MODEL PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA »PO VREMENU« NA BAZI KRITERIJUMA MINIMALNIH TROŠKOVA

Dr Svetomir Minić,
potpukovnik, dipl. inž.

U radu je definisana metodologija za primenu modela preventivnog održavanja tehničkih sistema »po vremenu« na bazi kriterijuma minimalnih troškova. Kao izlazna operaciona karakteristika simuliranog modela dobija se optimalni interval preventivnog održavanja koji predstavlja relevantnu informaciju u procesu donošenja odluke korisnika za pravovremeno sprovođenje postupaka preventivnog održavanja, uz minimalne ukupne troškove održavanja. Prikazani su rezultati simulacije modela na primeru preventivnog održavanja sastavnih elemenata motornog vozila.

Uvod

Za optimizaciju sistema održavanja, u teoriji i inženjerstvu održavanja tehničkih sistema, koriste se modeli ili uprošćene šeme procesa održavanja koje se opisuju različitim oblicima matematičkih modela, a nazivaju se *modeli održavanja* [10]. Optimizaciju fizičke suštine procesa održavanja, kao stohastičkog procesa, u načelu je teško matematički iskazati, pa se postupak optimizacije svodi na optimizaciju definisanog matematičkog modela kojim se aproksimativno prikazuju osobine modeliranog procesa održavanja i, na taj način, zamenjuje realni eksperiment.

Modeli preventivnog održavanja zasnivaju se na pokazateljima pouzdanosti tehničkog sistema i kriterijumima optimizacije, na osnovu kojih se bira »optimalno« rešenje za odlučivanje o trenutku u kojem treba sprovesti postupke preventivnog održavanja, kako bi se sprečila ili odložila pojava stanja sistema »u otkazu«. Izbor »optimuma« u ovom smislu definiše se, prvenstveno, sa stanovišta minimalnih troškova održavanja ili maksimalne gotovosti tehničkog sistema, kao mate-

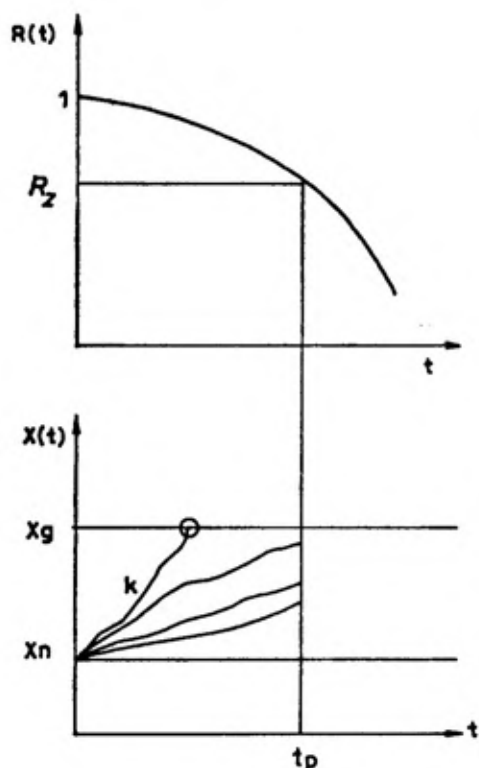
matički ekstrem odgovarajuće kriterijumske funkcije, ili kao kompromisno rešenje (»Trade of«) za postavljene kriterijume i ograničenja, [10].

Razrađena je metodologija za primenu modela preventivnog održavanja »po vremenu« na bazi kriterijuma minimalnih troškova — model MINTRO [7]. Model ima zadatak da odredi optimalni interval za sprovođenje postupaka preventivnog održavanja koji daje minimum ukupnih troškova održavanja, uz ostvarenje zahtevane pouzdanosti održavanog tehničkog sistema. Ako funkcija intenziteta otkaza posmatranog sastavnog elementa sistema ima rastući karakter u vremenskoj bazi, i ako su troškovi korektivnog održavanja veći od troškova preventivnog održavanja, ispunjeni su uslovi za primenu ovog modela održavanja.

Za simulaciju modela MINTRO razvijen je programski paket DMPOPS [7]. Kao izlazna operaciona karakteristika simuliranog modela dobija se, u grafičkom i analitičkom obliku, optimalni interval preventivnog održavanja elemenata tehničkog sistema, koji je egzaktno definisan minimalnom vrednošću funkcije ukupnih troškova održavanja [6].

Karakteristike modela preventivnog održavanja »po vremenu«

U modelima preventivnog održavanja »po vremenu«, određuju se fiksni rokovi za sprovođenje postupaka preventivnog održavanja na osnovu poznatih zakona pouzdanosti posmatranog sistema, a izražavaju se u dimenzijama slučajno promenljive, preko koje se definiše i funkcija pouzdanosti (npr. u časovima rada, broju pređenih kilometara, itd.) [10]. Ovi rokovi ponekad se nazivaju i resursi (vremenski ili eksploatacioni), što znači da



Sl. 1 — Model preventivnog održavanja »po vremenu« (Hard Time Limit)

$R(t)$ — Pouzdanost, R_2 — zahtevani nivo pouzdanosti, t — vreme rada sistema, t_p — interval preventivnog održavanja »po vremenu«, $x(t)$ — parametar stanja, x_n — nominalna vrednost, x_g — granična vrednost parametra stanja.

se radi o preventivnom održavanju prema »utvrđenim resursima« (»Hard Time Limit«).

Dijagram prikazan na slici 1 odgovara modelima preventivnog održavanja »po vremenu«, odnosno modelima preventivnih zamena elemenata* ili drugih postupaka preventivnog održavanja tehničkog sistema [9, 10]. Postupci preventivnog održavanja sprovode se posle određenog perioda rada t_p , kojem odgovara zahtevani nivo pouzdanosti sistema R_2 . Važno je uočiti da će neki elementi otkazati i pre ovog vremena (kriva k). To znači da se, pri opredeljenju za preventivne zamene po modelima ovog tipa, moraju obezbediti svi potrebni uslovi i za korektivno održavanje.

Vrste preventivnih zamena elemenata

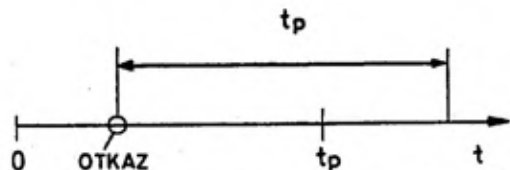
U zavisnosti od zahtevanog nivoa pouzdanosti i troškova održavanja tehničkog sistema primenjuju se određene strategije (vrste) zamene sastavnih elemenata sistema [13]. Na izbor strategije zamene utiču, pored željenog nivoa pouzdanosti, i konstruktivne karakteristike sistema, uslovi korišćenja, zakon raspodele funkcije gustine stanja u otkazu, ukupan broj otkaza u određenom vremenu, i dr.

Karakteristične vrste preventivnih zamena elemenata su [11, 13]: zamena posle određenog vremena rada i blok-zamena.

Ako se neki sastavni element sistema preventivno zameni kada »akumulira« t_p časova rada tako da se, posle pojave otkaza koji rezultira u neplaniranoj zameni, sledeća zamena obavlja posle t_p časova rada (sl. 2), radi

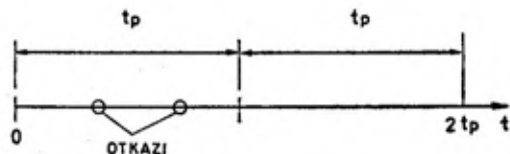
* Pod elementom se podrazumeva: podsistem, agregat, uređaj, sklop, podsklop i sastavni deo tehničkog sistema.

se o tzv. zameni posle određenog vremena rada [11].



Sl. 2 — Šema zamene elementa posle određenog vremena rada

Ako se preventivna zamena sastavnog elementa sistema vrši tačno posle t_p časova rada, bez obzira na to da li je obavljena neplanirana zamena zbog otkaza tog elementa između dve planirane zamene (sl. 3) radi se o tzv. blok-zameni [11].



Sl. 3 — Šema blok-zamene elementa

Opis modela MINTRO

Model MINTRO zasniva optimizaciju procesa održavanja na kriterijumu minimalnih troškova održavanja. Osnovu modela čini neposredno upoređenje troškova preventivnog i korektivnog održavanja. U slučaju kada su troškovi korektivnog održavanja (C_k) veći od troškova preventivnog održavanja (C_p), tj. $C_k > C_p$, i kada se radi o sastavnim elementima sistema čiji je intenzitet otkaza (λ) u vremenskoj bazi rastuća funkcija, postoji jedan optimalni interval preventivnog održavanja po vremenu (t_{po}), koji daje minimum ukupnih troškova održavanja, uz ostvarenje zahtevane pouzdanosti sistema. Model preventivnog održavanja »po vremenu«, koji uzima u obzir ove

pretpostavke, zasniva se na formuli za tzv. ukupne jednačine troškova održavanja (C_T), [8, 11, 12]:

$$C_T = C_k \cdot \lambda_{ktp} + C_p \cdot \lambda_{ptp} \quad (1)$$

gde je:

λ_{ktp} — intenzitet otkaza u slučaju korektivnog održavanja,

λ_{ptp} — intenzitet preventivnog održavanja.

Optimalno rešenje za vrednost intervala preventivnog održavanja »po vremenu« (t_{po}) (koji minimizira troškove po jedinici vremena [5]) dobija se preko prvog izvoda po t_p , odnosno ako je C_T minimalno:

$$\frac{dC_T}{dt_p} = 0 \quad (2)$$

Troškovi preventivnog održavanja (C_p) dobijaju se iz izraza:

$$C_p = C_{prd} + C_{prs} \quad (3)$$

gde je:

C_{prd} — troškovi rezervnih delova,

C_{prs} — troškovi radne snage u slučaju preventivnog održavanja.

Troškovi korektivnog održavanja (C_k) određuju se iz izraza:

$$C_k = C_{krd} + C_{krs} + C_{kPOS} \quad (4)$$

gde je:

C_{krd} — troškovi rezervnih delova,

C_{krs} — troškovi radne snage,

C_{kPOS} — troškovi POSLEDICA u slučaju korektivnog održavanja.

U modelu MINTRO zamena posle određenog vremena rada (sl. 2) nekog sastavnog elementa sistema obavlja se posle t_p časova rada, a u slučaju otkaza tog sastavnog elementa u intervalu 0 do t_p , vrši se korektivno održavanje

(korektivna zamena), pa će se sledeća preventivna zamena obaviti posle t_p časova rada od trenutka otkaza. Pri ovakvom prilazu preventivnom održavanju, izraz za intenzitet otkaza, u slučaju korektivnog održavanja (λ_{ktp}), ima oblik [8, 11, 12]:

$$\lambda_{ktp} = \frac{1 - R(t_p)}{\int_0^{t_p} R(\tau) d\tau} \quad (5)$$

dok je izraz za intenzitet preventivnog održavanja (λ_{ptp}):

$$\lambda_{ptp} = \frac{R(t_p)}{\int_0^{t_p} R(\tau) d\tau} \quad (6)$$

Ako se u modelu MINTRO primenjuje blok-zamena (sl. 3) nekog sastavnog elementa sistema, preventivna zamena obavlja se posle fiksnog intervala (t_p), bez obzira na to da li je obavljeno korektivno održavanje (korektivna zamena) zbog otkaza tog sastavnog elementa na intervalu između dve planirane preventivne zamene. Pri blok-zameni elementa izraz za intenzitet otkaza, u slučaju korektivnog održavanja λ_{ktp} ima oblik [8, 11, 12]:

$$\lambda_{ktp} = \frac{t_p - \int_0^{t_p} R(\tau) d\tau}{t_p \int_0^{t_p} R(\tau) d\tau} \quad (7)$$

dok je intenzitet preventivnog održavanja (λ_{ptp}):

$$\lambda_{ptp} = \frac{1}{t_p} \quad (8)$$

Zamenom izraza (5) i (6) odnosno (7) i (8) u jednačini (1) dobija se odgovarajuća formula za ukupne jedinične troškove održavanja (C_T). Uspešnost rešavanja jednačine (1), odnosno (2), zavisi od matematičke složenosti funkcije raspodele vremena do otkaza.

U većini slučajeva optimalni interval preventivnog održavanja po vremenu (t_{po}) ne može se naći analitičkim putem, pa se koriste grafičke i numeričke metode.

Kod modela blok-zamene elementa, posle određivanja optimalnih vrednosti (t_{poi}) za pojedine sastavne elemente sistema, potrebno je modifikovati vrednosti t_{poi} tako da budu celi umnošci [5, 11]. To je potrebno uraditi iz praktičnih razloga, da bi se zastoja sistema zbog izvršenja jedne preventivne zamene iskoristio i za sprovođenje nekih drugih postupaka preventivnog održavanja. U toj situaciji smanjuje se broj zastoja sistema zbog izvođenja postupaka preventivnog održavanja. Posle usvajanja optimalnih vrednosti intervala preventivnog održavanja po vremenu (t_{poi}), treba proveriti da li je ostvarena zahtevana vrednost pouzdanosti (R_z) za dati sistem na kome se vrši preventivno održavanje pojedinih sastavnih elemenata. Ukoliko R_z nije ostvarena, neophodno je izvršiti ponovnu modifikaciju optimalnih vrednosti vremenskih intervala (t_{poi}).

Razvoj algoritma za primenu modela MINTRO

Model MINTRO primenjuje se kroz sledeće korake (prikazane algoritamski na slici 4):

1. Prikupiti podatke o vremenima rada do otkaza sastavnih elemenata sistema, za koje se primenjuje model MINTRO.

2. Utvrditi kojem zakonu raspodele pripadaju vremena rada do otkaza sastavnih elemenata sistema.

3. Proveriti da li iz usvojenog zakona raspodele proizilazi rastući intenzitet otkaza u funkciji vremena rada.

4. Usvojiti vrstu zamene koja će se primenjivati za date sastavne elemente. Ako se usvoji zamena posle određenog vremena rada, može se dogo-

dići da u slučaju većeg broja otkaza sastavnih elemenata bude veliki broj zastoja u radu sistema, zbog preklapanja intervala preventivnog održavanja za takve sastavne elemente. *Blok-zamena* obezbeđuje manji broj zastoja u radu sistema i omogućava izbegavanje poklapanja intervala preventivnog održavanja.

5. Za svaki sastavni element napisati izraz za intenzitet otkaza u slučaju korektivnog održavanja (λ_{ktp}):

— korišćenjem jednačine (5) u slučaju zamene posle određenog vremena rada,

— korišćenjem jednačine (7) u slučaju blok-zamene.

6. Za svaki sastavni element napisati izraz za intenzitet preventivnog održavanja (λ_{ptp}):

— korišćenjem jednačine (6) u slučaju zamene posle određenog vremena rada,

— korišćenjem jednačine (8) u slučaju blok-zamene.

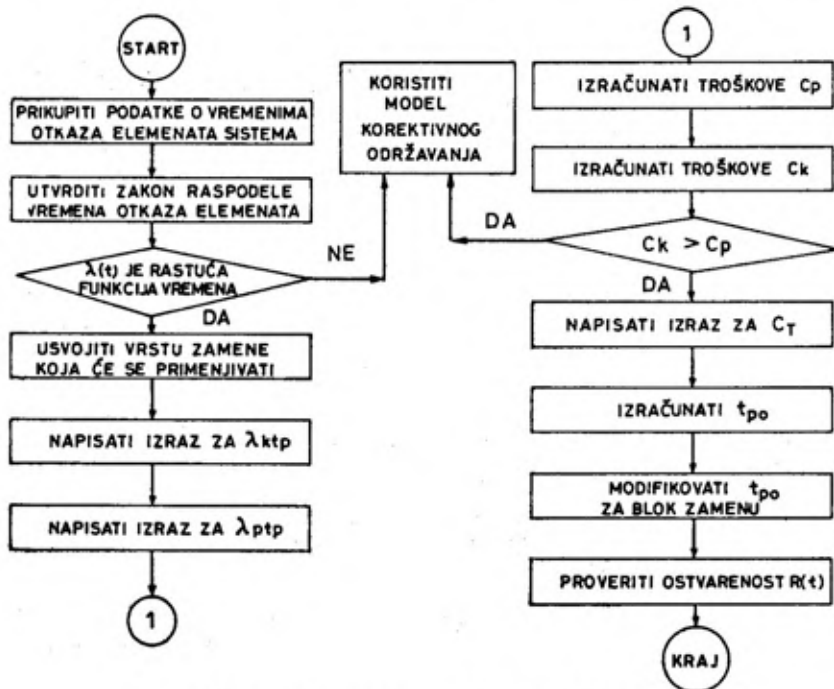
7. Korišćenjem jednačine (3) izračunati troškove preventivnog održavanja (C_p) za svaki sastavni element.

8. Korišćenjem jednačine (4) izračunati troškove korektivnog održavanja (C_k) za svaki sastavni element.

9. Proveriti da li su troškovi korektivnog održavanja (C_k) znatno veći od troškova preventivnog održavanja (C_p) tj. $C_k \gg C_p$.

10. zameniti dobijene izraze za λ_{ktp} , λ_{ptp} , C_p i C_k u jednačini (1), čime se dobija formula za ukupne jedinične troškove održavanja (C_T) za svaki sastavni element u funkciji od intervala preventivne zamene (t_p).

11. Izračunati optimalnu vrednost intervala preventivnog održavanja po vremenu (t_{po}) za svaki sastavni element, koja odgovara minimalnim ukupnim jediničnim troškovima održavanja (C_T) za taj sastavni element. To se postiže analitičkim rešavanjem jednačine (2) po t_p . Ako rešenje nije moguće kori-



Sl. 4 — Algoritam modela MINTRO

ste se numeričke metode, uz primenu elektronskog računara, kombinovano sa grafičkim predstavljanjem funkcije $C_T(t_p)$.

12. Ako je odabrana *blok-zamena*, posle dobijanja optimalnih vrednosti intervala preventivne zamene t_{poi} za sastavne elemente, treba ih modifikovati tako da budu celi umnošci jedni drugih, odnosno treba odrediti interval zamene za grupu elemenata.

13. Posle usvajanja optimalnih vrednosti t_{poi} , treba proveriti da li je ostvarena zahtevana vrednost pouzdanosti za celinu sistema kod kojeg se vrši preventivna zamena sastavnih elemenata (ukoliko takav zahtev postoji).

Simulacija modela MINTRO primenom računara

Na osnovu razvijenog algoritma za primenu modela MINTRO izrađen je, u okviru programskog paketa DMPOPS (7), potprogram za simulaciju modela MINTRO i to posebno za zamenu posle određenog vremena rada (MINTRO-1) i za blok-zamenu (MINTRO-2).

Za simulaciju modela MINTRO — zamenu posle određenog vremena rada (MINTRO-1), neophodno je uneti u računar odgovarajuće podatke, koji su definisani na slikama 5, 6 i 7 [7].

Broj posmatranih sistema (-) = 30
 Ukupno vreme rada sistema (h) = 2000
 Parametri funkcije nepouzdanosti :

- Parametar oblika $\beta = 4$
- Parametar razmere $\eta = 2000$

Sl. 5 — Zadavanje ulaznih parametara za simulaciju modela MINTRO-1 primenom elektronskog računara

Od tačnosti ulaznih podataka zavisi praktična vrednost dobijenih rezultata simulacije modela, pa je neophodno raspolagati datotekom podataka

o radu i održavanju tehničkog sistema. Programski paket DMPOPS omogućava unošenje podataka o troškovima preventivnog održavanja u određenom intervalu (sl. 7), čime se obezbeđuje sa-

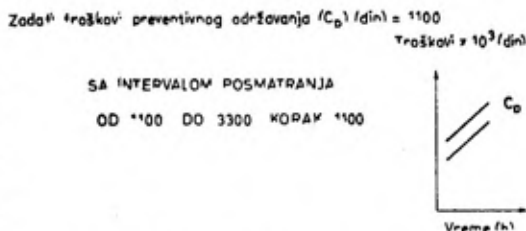
Troškovi korektivnog održavanja (din):

- Troškovi rezervnih delova = 1000
- Troškovi rada = 500
- Troškovi zbog čekanja = 5000

Troškovi preventivnog održavanja (din):

- Troškovi rezervnih delova = 1000
- Troškovi rada = 100

Sl. 6 — Zadavanje ulaznih parametara za simulaciju modela MINTRO-1



Sl. 7 — Zadavanje ulaznih parametara za simulaciju modela MINTRO-1

gledavanje uticaja ovih troškova na ukupne troškove održavanja, i na potrebno optimalno vreme za preventivno održavanje posmatranog sastavnog elementa sistema.

Model MINTRO simuliran je na praktičnom primeru preventivnog održavanja motornih vozila, gde je, kao slučajno promenljiva veličina, posmatrano vreme rada jednog elementa vozila. Na osnovu unetih podataka za broj posmatranih sistema, ukupno vreme rada sistema, parametre Vejbulove raspodele β i η (dobijaju se prethodnim korišćenjem programskog paketa DMPOPS) i troškove preventivnog i korektivnog održavanja, simulacijom se najpre dobijaju tabelarne vrednosti zavisnosti ukupnih troškova od vremena rada, za različite vrednosti troškova

preventivnog održavanja. Radi ilustracije, u tabeli 1 prikazani su rezultati simulacije za slučaj da troškovi preventivnog održavanja iznose 1100 novčanih jedinica.

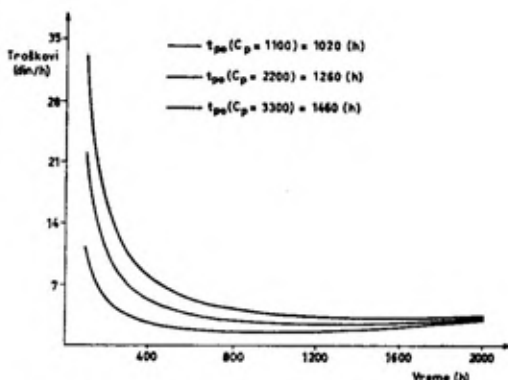
Tabela 1

Redni broj	Vreme (h)	Troškovi (din/h)
1	100	11
10	190	5,79
20	290	3,8
30	390	2,84
40	490	2,28
50	590	1,93
60	690	1,71
70	790	1,56
80	890	1,48
90	990	1,45
100	1090	1,46
110	1190	1,52

$C_p = 1100$

Glavna interpretacija simulacije modela MINTRO-1 prikazana je na slici 8 [7]. Egzaktno je definisan optimalni interval sprovođenja postupaka preventivnog održavanja u funkciji od minimalnih ukupnih troškova održavanja. Sa dobijenih dijagrama za različite nivoe troškova preventivnog održavanja, uočljivo je da se ukupni troškovi održavanja, u zavisnosti od vremena rada sistema, do određenog vremena smanjuju, a zatim počinju da rastu, premda to nije izrazito za konkretni primer. Takođe, ukoliko se troškovi preventivnog održavanja povećavaju, povećaću se i interval preventivnog održavanja koji odgovara minimalnim ukupnim troškovima održavanja. Ako su troškovi preventivnog održavanja 1100 novčanih jedinica, optimalni interval za ovu zamenu elementa je 1020 časova rada motornog vozila.

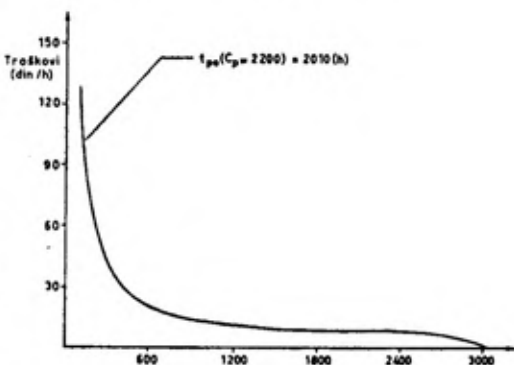
Analogno prethodnom modelu, radi simulacije modela MINTRO — blok-zamena (MINTRO-2) neophodno je uneti podatke o vrednostima ulaznih parametara modela, prikazane na slikama 5, 6 i 7.



Sl. 8 — Rezultati simulacije modela MIN-TRO-1 — izlazna operaciona karakteristika modela
 t_{po} — optimalni interval zamene elementa posle određenog vremena rada na bazi kriterijuma minimalnih troškova

Kao i za prethodni model, kod modela MINTRO-2, dobijene rezultate simulacije moguće je interpretirati tabelarno i grafički.

U ovom primeru simulacije modela MINTRO-2 (slika 9) optimalni interval preventivnog održavanja posmatranog elementa sistema definisan je minimalnom vrednošću funkcije ukupnih troškova održavanja i iznosi 2010 časova rada motornog vozila za nivo troškova preventivnog održavanja 2200 novčanih jedinica [7].



Sl. 9 — Rezultati simulacije modela MIN-TRO-2 — izlazna operaciona karakteristika modela
 t_{bc} — optimalni interval blok-zamene elementa na bazi kriterijuma minimalnih troškova

Zaključak

Kao izlaz simulacije modela preventivnog održavanja »po vremenu« na bazi kriterijuma minimalnih troškova, dobija se vrednost operacione karakteristike modela — optimalni interval preventivnog održavanja sastavnih elemenata tehničkog sistema, koji obezbeđuje minimalne ukupne troškove održavanja.

Simulacija modela MINTRO, primenom programskog paketa DMPOPS, omogućava analizu uticaja različitih odnosa troškova preventivnog i korektivnog održavanja na vrednost izlazne operacione karakteristike modela. Posmatrane varijante troškova preventivnog održavanja, uz nepromenjene troškove korektivnog održavanja, simulacijom daju odnose koji minimum ukupnih troškova pomeraju u zone du-

žih perioda rada sistema. Dakle, ukoliko se troškovi preventivnog održavanja povećavaju, povećaću se i interval preventivnog održavanja elemenata sistema, koji odgovara minimumu ukupnih troškova održavanja.

Očigledan je značaj primene modela MINTRO prema definisanoj metodologiji u ovom radu, što se prvenstveno ogleda u mogućnosti korisnika tehničkog sistema da koriguje do tada korišćene neoptimalne intervale preventivnog održavanja i, na taj način, smanji troškove održavanja.

Definisana metodologija primene modela MINTRO ima opšti karakter tj. model može biti apliciran na različite sastavne elemente u procesu održavanja bilo kojih tehničkih sistema, pod uslovom da su podržani kvalitetnim informacionim sistemom o radu i održavanju.

Literatura:

- [1] Arsenić, Z., Vasić, B.: EFEKTIVNOST TEHNICKIH SISTEMA — REŠAVANJE KARAKTERISTIČNIH PROBLEMA PRIMENOM RACUNARA, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.
- [2] Arsenić, Z., i dr.: INFORMACIONI SISTEMI U ODRŽAVANJU VOZILA — MONOGRAFIJA, JUMV, Beograd, 1994.
- [3] Barzilović, E. J.: MODELI TEHNIČESKOG OBLUŽIVANJA SLOŽENIH SISTEM, Viša škola, Moskva, 1982.
- [4] Gertsbakh, I. B.: MODELS OF PREVENTIVE MAINTENANCE, North — Holland publishing company, Amsterdam — New York — Oxford, 1977.
- [5] Jorgenson, D. W., McCall, J. J., Radner, R.: OPTIMAL REPLACEMENT POLICY, North — Holland publishing company, Amsterdam — Oxford, 1974.
- [6] Kodžopeljić, J.: PRILOG PROUČAVANJU POLITIKE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA MOTORNIM VOZILA ZA POTREBE OPSTENARODNE ODBRANE, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1981.
- [7] Minić, S.: DINAMIČKI MODEL PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA PREMA STANJU MOTORNIM VOZILA, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1983.
- [8] MODEL PREVENTIVNO-KOREKTIVNOG ODRŽAVANJA NA BAZI REPREZENTATIVNIH TMS — Elaborat po Projektu, Mašinski fakultet, Beograd, 1984.
- [9] Smirnov, N. N., Ickovič, A. A.: OBLUŽIVANIE I REMONT AVIACIONNOJ TEHNIKI PO SOSTOJANIJU, Transport, Moskva, 1980.
- [10] Todorović, J.: INŽENJERSTVO ODRŽAVANJA TEHNICKIH SISTEMA — MAINTAINABILITY ENGINEERING, JUMV, Beograd, 1993.
- [11] Vujanović, N.: TEORIJA POUZDANOSTI TEHNICKIH SISTEMA, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1987.
- [12] Vujanović, N.: ISTRAŽIVANJE METODA OCENE I ALOKACIJE POUZDANOSTI I POGODNOSTI ODRŽAVANJA NA PRIMERU SISTEMA NAORUŽANJA, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1983.
- [13] Vukadinović, S., Teodorović, D.: ELEMENTI TEORIJE POUZDANOSTI I TEORIJE OBNAV-LJANJA TEHNICKIH SISTEMA, Privredni pregled, Beograd, 1979.

Dr Vasilje Mišković,
major, dipl. inž.

MODEL SISTEMA SNABDEVANJA MUNICIJOM ARTILJERIJE ZA PODRŠKU

Uvod

Utvrdjivanje mogućnosti i karakteristika funkcionisanja postavljenog sistema bez provođenja eksperimenata na samom sistemu uvek predstavlja problem. Poseban problem predstavljaju sistemi koji funkcionišu u uslovima izrazite neizvesnosti i neodređenosti. Ako je moguće, nakon razvoja sistema, njegovu proveru treba izvršiti pre uvođenja u funkciju, jer je tada moguće utvrditi i karakteristike funkcionisanja i otkloniti nedostatke. Međutim, ako postoji zahtev da razvije ni sistem bez prave provere bude uveden u funkciju i da mora da funkcionišu na zahtevani način, tada je nužno pribеći razvoju modela na kojem ili kojima se vrši provera funkcionisanja sistema i određivanje karakteristika i pokazatelja njegovog funkcionisanja.

Sistem snabdevanja municijom funkcionišu u uslovima neodređenosti i neizvesnosti. Razvoj i uspostavljanje ovog sistema vrši se u miru s ciljem da taj sistem funkcionišu u ratu. To znači da prave provere sistema pre njegovog uvođenja u funkciju nema. Da bi se, ipak, utvrdile karakteristike funkcionisanja, pribegava se modelovanju. Modeli koji se razvijaju su ra-

zličitog tipa, od fizičkih modela (na različitim vežbama) do modela za simulaciju na računarima.

U ovom radu prikazan je model sistema snabdevanja municijom artiljerije za podršku, koji je razvijen radi određivanja karakteristika i vrednosti pokazatelja funkcionisanja sistema snabdevanja. Prikazani model razvijen je za hipotetički sistem snabdevanja municijom artiljerije za podršku, radi prikaza mogućeg načina razvoja ovog tipa modela.

Opis modela

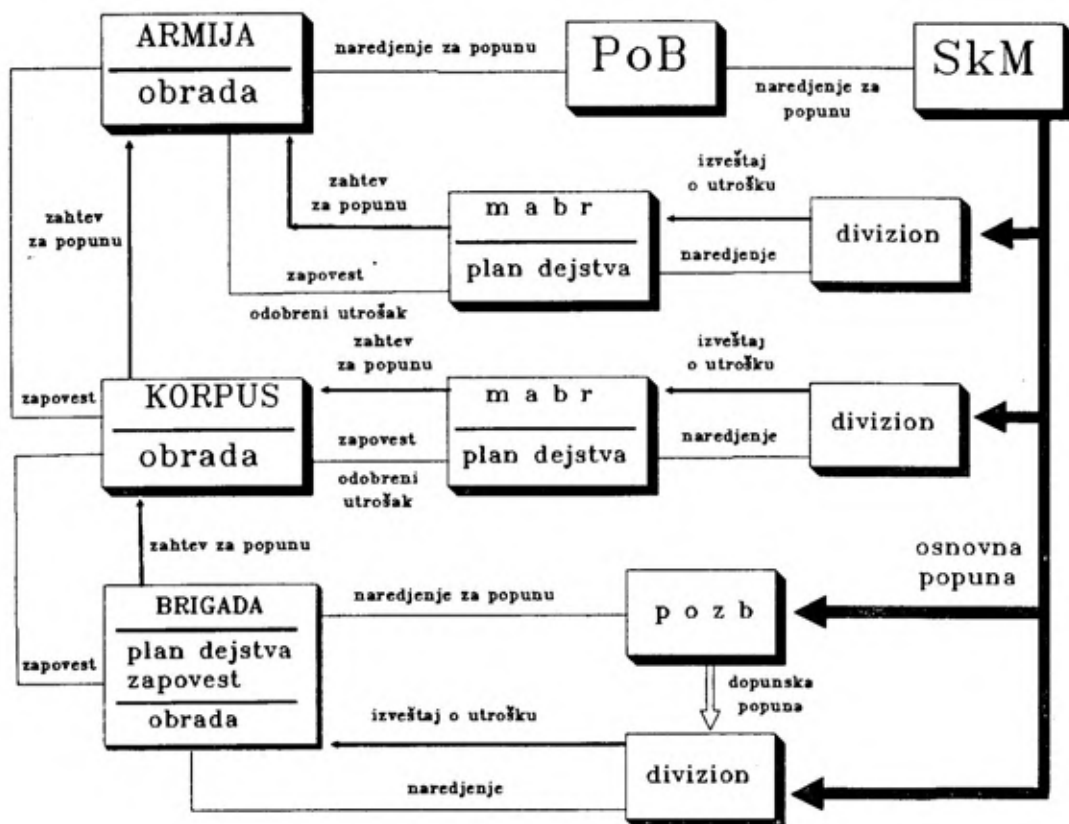
Proces razvoja modela veoma je teško tačno opisati i formalizovati proceduru kako na osnovu saznanja o sistemu razviti model. To je, u suštini, proces misaone prirode. Zato se češće pribegava opisu samog modela umesto opisu procesa razvoja modela. Model koji se razvija uvek je ciljno orijentisan i predstavlja *sliku* sistema u meri koja je potrebna da bi se ostvario zadani cilj. Zato se ovi modeli nazivaju *sažeti modeli*. Eksperimentalni okvir za izradu ovog modela jeste određivanje karakteristika sistema snabdevanja vezanih za trupni nivo i zahteva angažovanje transportnih kapaciteta u

sistemu snabdevanja. Za određivanje drugih karakteristika i praćenje drugih aktivnosti potrebno je promeniti eksperimentalni okvir, što znači razviti drugi, isto tako sažeti model.

Opis modela, kako je u ovom radu urađen, predlaže se u literaturi [10] i naziva se neformalni opis. Neformalni opis modela jeste opis: komponenti modela, opisnih promenljivih i interakcija među komponentama (slika 1). Komponente modela su delovi od kojih je model sastavljen. Opisne promenljive su sredstvo kojim se opisuju stanja komponenti u posmatranim tačkama vremena. Prema svojim karakteristikama opisne promenljive se razlikuju u odnosu na svoje značenje u modelu. Opisne promenljive iz čijih je vrednosti moguće odrediti sve ostale

promenljive nazivaju se promenljive stanja. Pored promenljivih stanja razlikuju se i izlazne promenljive. Preko izlaznih promenljivih prate se stanja u modelu. Pod opisnim promenljivim podrazumevaju se i sve konstantne karakteristike sistema. Interakcije među komponentama su pravila pomoću kojih komponente utiču jedna na drugu, menjaju stanja komponenti i uslovljavaju ponašanje modela u vremenu.

Model je razvijen prema sledećem eksperimentalnom okviru: poznat je početni raspored artiljerijskih diviziona za podršku i jedinica za snabdevanje. Divizioni sa svojih vatrenih položaja ostvaruju vatrena dejstva i troše imajuće količine municije. O stanju količina municije dostavljaju izveštaje svojoj pretpostavljenoj komandi. Za divi-



Sl. 1 — Materijalni i informacioni tokovi

zione iz svog sastava komanda brigade planira naredna dejstva. Na osnovu izveštaja o stanju zaliha municije u divizionu, plana premeštanja vatrenog položaja i prognoze utroška municije nastaje zahtev za popunu prema komandi armije. Na osnovu stanja zaliha municije u divizionu i vremena potrebnog za realizaciju popune sa nivoa armije, komanda brigade može doneti odluku o dopunskoj popuni divizionu iz pozadinske jedinice brigade. Komanda korpusa postupa na isti način kao i komanda brigade, izuzev određenih specifičnosti (ima obavezu prosleđivanja zahteva za popunu od komande brigade komandi armije). Komanda armije za svoje divizione postupa na isti način kao i komande brigade i komande korpusa, s tim da ne ispostavlja nikome zahtev za popunu. Umesto zahteva za popunu, komanda armije dostavlja naređenje za popunu pozadinskoj bazi. Naređenje za popunu, koje se dostavlja pozadinskoj bazi, odnosi se na popunu armijske, korpusne i brigadne artiljerije. Pozadinska baza realizuje osnovnu popunu divizionu. Ako je divizion iz sastava brigade dopunski popunjavan, deo municije iz osnovne popune usmerava se za popunu brigadnog nivoa. Pozadinska jedinica brigade realizuje dopunsku popunu brigadne artiljerije. Ako je dopunska popuna realizovana, pozadinska jedinica brigade prima municiju iz pozadinske baze.

Komponente:

- ADP_i — divizioni za podršku ostvaruju utrošak municije na vatrenim položajima i o tome dostavljaju informaciju pretpostavljenoj komandi. Svoje dejstvo ostvaruju bez promene vatrene položaja. Na nove vatrene položaje premeštaju se po odluci pretpostavljene komande.
- KDABR_i — komanda brigade prima informaciju o stanju zaliha municije u divizionu. Planira premeštanje divizionu na naredni vatreni položaj. Određuje očekivani utrošak municije i potrebni nivo snabdevenosti divizionu na vatreanom položaju. Formira zahtev za popunu koji dostavlja komandi armije. Donosi odluku o dopunskoj popuni divizionu.
- KDAK_i — komanda korpusa prima informaciju o stanju zaliha municije u divizionima. Planira premeštanje divizionu na naredni vatreni položaj. Određuje očekivani utrošak municije i potrebni nivo snabdevenosti divizionu na vatreanom položaju. Formira zahtev za popunu koji dostavlja komandi armije.
- KDAA — komanda armije prima informacije o stanju zaliha municije u divizionima. Planira premeštanje divizionu na naredni vatreni položaj. Određuje očekivani utrošak municije i potrebni nivo snabdevenosti divizionu na vatreanom položaju. Prima i obrađuje zahteve za popunu iz brigade i korpusa. Formira naređenja za popunu koja dostavlja pozadinskoj bazi.
- POZB_i — pozadinski bataljon, na osnovu naređenja komande brigade, realizuje dopunsku popunu divizionu. Prima municiju iz pozadinske baze.
- POZBAZ — pozadinska baza, na osnovu naređenja za popunu

komande armije, realizuje osnovnu popunu divizionu.

Opisne promenljive

Opis ADP_i:

- UTR_i — promenljiva koja određuje utrošak municije i-tog divizionu na vatrenom položaju,
- STZ_i — promenljiva koja pokazuje stanje zaliha u i-tom divizionu,
- VZAD_i — promenljiva koja određuje vreme dejstva i-tog divizionu bez promene vatrene položaja,
- VPREM_i — određuje vreme premeštanja i-tog divizionu na naredni vatrene položaj,
- VIZV_i — određuje vreme dostavljanja izveštaja o stanju zaliha municije,
- VSAV_i — vreme savijanja i-tog divizionu,
- VRAZ_i — vreme razvijanja i-tog divizionu,
- POM_i — određuje intenzitet upotrebe i-tog divizionu,
- VERT_i — određuje klasu tempa pomeranja dejstvujućih jedinica u odnosu na i-ti divizion prema intenzitetu upotrebe,
- VERU_i — određuje klasu utroška municije za i-ti divizion prema intenzitetu upotrebe i prognozi utroška,
- MANJ_i — prati pojavu nedovoljne količine municije na vatrene položaju,
- VIS_i — prati pojavu da divizion svojim transportom ne može da transportuje sve količine municije prilikom premeštanja na novi vatrene položaj.

Opis KDABR_i:

- PUTRB — određuje prognozu utroška municije na vatrene položaju,
- ONSB — određuje optimalni nivo snabdevenosti divizionu na vatrene položaju,
- ZZPB — određuje količinu municije kojom je potrebno popuniti divizion,
- VRIS — određuje vreme do kada popuna treba da bude realizovana,
- NDP — određuje količinu municije za dopunsku popunu divizionu iz pozadinskog bataljona,
- RVPB — određuje virtuelne zalihe municije,
- VROB — određuje vreme obrade i prenosa informacije do uključno nivoa brigade.

Opis KDAK_i:

- PUTRK_j — određuje prognozu utroška municije za j-ti divizion na vatrene položaju,
- ONSK_j — određuje optimalni nivo snabdevenosti j-tog divizionu na vatrene položaju,
- RVPK_j — određuje virtuelne zalihe municije,
- ZZPK_j — određuje količinu municije kojom je potrebno popuniti j-ti divizion,
- VRISK_j — određuje vreme do kada treba da bude realizovana popuna j-tog divizionu,
- VROK_j — određuje vreme obrade i prenosa informacije do uključno nivou korpusa od j-tog divizionu,
- VROKB_k — određuje vreme obrade i prenosa informacije do uključno nivou korpusa od k-te brigade.

Opis KDAA:

- PUTRA_j — određuje prognozu utroška municije za j-ti divizion na vatrenom položaju,
- ONSA_j — određuje optimalni nivo snabdevenosti j-tog divizion na vatrenom položaju,
- RVPA_j — određuje virtuelne zalihe municije,
- ZZPA_j — određuje količinu municije kojom je potrebno popuniti j-ti divizion,
- VRISA_j — određuje vreme do kada treba da bude realizovana popuna j-tog divizion,
- VROA_j — određuje vreme obrade i prenosa informacije do uključno nivoa armije od j-tog divizion,
- VROAB_i — određuje vreme obrade i prenosa informacije do uključno nivoa armije od i-te brigade,
- VROAK_i — određuje vreme obrade i prenosa informacije do uključno nivoa armije od i-tog korpusa.

Opis POZB_i:

- VRPB — određuje vreme potrebno za izvršenje popune (odnosi se na vreme od prijema naređenja za popunu do završetka istovara municije),
- TRANB — određuje vreme angažovanja transportnih kapaciteta (odnosi se na vreme od prijema naređenja za popunu do završetka transportnog ciklusa),
- TDSB — prati vreme između dva naređenja za popunu,
- KSNB — prati količine municije kojom se popunjava divizion,

- SZMB — prati stanje zaliha municije u pozadinskom bataljonu brigade,
- MANJB — prati nedostajuće količine municije u pozadinskom bataljonu,
- VPST — određuje vreme premeštanja pozadinskog bataljona,
- VUTB — određuje vreme utovara municije,
- VISTB — određuje vreme istovara municije,
- VVOZB — određuje vreme transporta municije.

Opis POZBAZ:

- VRPA — određuje vreme potrebno za izvršenje popune (odnosi se na municije),
- TRANA — određuje vreme angažovanja transportnih kapaciteta (odnosi se na vreme od prijema naređenja za popunu do završetka transportnog ciklusa),
- TDSA — prati vreme između dva naređenja za popunu,
- KSNA_i — prati količine municije kojom se popunjava i-ti divizion,
- VRPD_i — prati vreme potrebno za izvršenje popune i-tog divizion (odnosi se na vreme od prijema naređenja za popunu do završetka istovara municije),
- TRAND_i — prati vreme angažovanja transportnih kapaciteta za i-ti divizion (odnosi se na vreme od prijema naređenja za popunu do završetka transportnog ciklusa),
- TDSD_i — prati vreme između dva naređenja za popunu i-tog divizion,
- VUTA — određuje vreme utovara municije,

- VISTA — određuje vreme istovara municije,
 VVOZA — određuje vreme transporta municije.

Parametri¹⁾

- TEM_{i, j} — tempo pomeranja napred dejstvujućih jedinica po klasama, gde *i* i *j* uzimaju vrednosti 1, 2 i 3 sa značenjem *visok*, *srednji* i *nizak* respektivno, gde *i* označava donju, a *j* gornju granicu,
 VETI_{i, j} — verovatnoća pojave tempa prema intenzitetu upotrebe divizionima,
 VUPI_{i, j} — verovatnoća pojave prognoze utroška municije prema intenzitetu upotrebe divizionima,
 VUI_{i, j} — verovatnoća utroška municije prema prognozi utroška i intenziteta upotrebe divizionima,
 N_{i, j} (μ, σ) — raspodela verovatnoća utroška municije po klasama i po divizionima, gde *i* označava klase, a *j* divizione,
 D_j — efikasan domet artiljerijskih oruđa u km po divizionima,
 DVP_{i, j} — udaljenost vatrenih položaja od prve linije fronta po divizionima, gornja i donja granica,
 VPS — brzina kretanja pri promeni vatrenih položaja, gornja i donja granica,
 TS_j — vreme svijanja po divizionima,
 TR_j — vreme razvijanja po divizionima,
 DS_j — dužina skoka divizionima prilikom premeštanja,
 KEM_j — količina ešelonirane municije po divizionima,

- NR_j — neprikosnovena rezerva po divizionima,
 KMU_j — količina municije za utrošak po divizionima,
 SREZ_j — sigurnosna rezerva po divizionima,
 TEZ_j — težina municije po kalibrima,
 VRANG_i — vreme angažovanja divizionima,
 UDB — udaljenost pozadinskog bataljona od divizionima na vatrenom položaju,
 UDA — udaljenost rezervi municije pozadinske baze od divizionima koje popunjava,
 UDAB — udaljenost rezervi municije pozadinske baze od pozadinskog bataljona brigade,
 BRZA — brzina kretanja transportnih sredstava prilikom dotura municije od pozadinske baze,
 BRZB — brzina kretanja transportnih sredstava prilikom dotura od pozadinskog bataljona,
 PI_i — vreme prenosa informacija po komandnim nivoima,
 OI_i — obrada informacija po komandnim nivoima,
 TUT — vreme utovara u zavisnosti od količine i kalibra municije,
 TIST — vreme istovara u zavisnosti od količine i kalibra municije.

Interakcije među komponentama

— Postavlja se početno stanje. Uspostavlja se hijerarhijska struktura. Promenljive PUTRB, PUTRK_j i PUTRA_j određuju prognozu utroška municije. Promenljive RVPB, RVPK_j i RVPA_j određuju virtuelne zalihe municije. Na osnovu prethodnih promenljivih odre-

¹⁾ Pomoćne promenljive koje su korišćene u programu kao procesnom modelu, a nisu bitne za opis samog modela nisu navedene.

duje se optimalni nivo snabdevenosti divizionu na vatrenom položaju promenljivim ONSB, ONSK_i i ONSA_j. Promenljive koje označavaju stanje zaliha municije u divizionu STZ_i poprimaju vrednosti promenljivih ONSB, ONSK_i i ONSA_j.

— *Sat* modela startuje. Promenljive POM_i određuju intenzitet upotrebe divizionu, a promenljive VERT_i i VERU_i određuju klase pripadanja tempa pomeranja napred dejstvujućih jedinica i utroška municije. Promenljiva UTR_i određuje utrošak municije na tom vatrenom položaju. VZAD_i određuje vreme zadržavanja na vatrenom položaju, a promenljiva VPREM_i vreme premeštanja na novi vatreni položaj. VIZV_i poprima vrednost vremena kod ADP_i dostavlja izveštaj o stanju zaliha municije STZ_i. Ako promenljiva UTR ima vrednost veću od vrednosti STZ, ADP dostavlja zahtev za vanrednu popunu KDABR, KDAK ili KDAA, u zavisnosti od pripadanja ADP. Veličina zahteva za vanrednu popunu predstavlja razliku vrednosti promenljivih UTR i STZ. Promenljiva STZ poprima vrednost uvećanu za vrednost veličine vanredne popune i umanjene za UTR. Promenljiva MANJ registruje nedovoljnu količinu municije za izvršenje zadatka. Ako je razlika promenljivih STZ i UTR manja od promenljive iz grupe promenljivih RVP (virtuelne zalihe), ADP dostavlja zahtev za pomoć za prevoženje municije pri premeštanju na novi vatreni položaj. Promenljiva VIS registruje da deo municije ostaje na vatrenom položaju. U vremenu VIZV_i ADP dostavlja izveštaj o prognoziranom STZ u momentu premeštanja na novi vatreni položaj. Kada se *sat* modela izjednači sa VZAD, ADP se premešta na novi vatreni položaj. Nakon isteka vremena VPREM, ADP se nalazi na novom vatrenom položaju. Kada se *sat* modela izjednači sa VRANG (vremenom angažovanja), ADP se izdvaja i čeka popunu do nivoa KEM (količina ešelonirane municije).

— Promenljiva VROB određuje vreme prijema i obrade informacija od divizionu. KDABR pomoću promenljive PUTRB određuje promenljivu ONSB za naredni vatreni položaj. Na osnovu vrednosti promenljivih ONSB i STZ donosi KDABR odluku o zahtevu za popunu. Ako je vrednost promenljive STZ veća ili jednaka vrednosti promenljive ONSB, promenljiva ZZPB poprima vrednost 0 i zahtev za popunu se ne dostavlja. Ako je ONSB veća od STZ, promenljiva ZZPB poprima vrednost razlike promenljive ONSB i STZ i zahtev za popunu se dostavlja. Zahtev za popunu dostavlja se prema KDAK ili KDAA, u zavisnosti od hijerarhijske povezanosti. Na osnovu vrednosti promenljive STZ, UTR i VZAD određuje se vrednost promenljive VRIS. Na osnovu vrednosti promenljivih VRIS i promenljive VRPA, koju određuje POZBAZ, KDABR donosi odluku o dopunskoj popuni. Ako VRIS ima manju vrednost od VRPA određuje se vrednost NDP i dostavlja POZB kao naređenje za dopunsku popunu. Ako VRIS ima vrednost veću od VRPA tada NDP poprima vrednost 0 i naređenje za dopunsku popunu se ne dostavlja. Kada se *sat* modela izjednači sa VRANG tada KDABR određuje vrednosti promenljivih ZZPB i VRIS i nastaje iz modela.

— Promenljiva VROK određuje vreme prijema i obrade informacija koje KDAK prima od ADP koji su po hijerarhiji vezani. Promenljiva VROKB određuje vreme prijema informacija od KDABR po hijerarhiji vezanih. KDAK pomoću promenljive PUTRK određuje promenljivu ONSK za naredni vatreni položaj. Na osnovu vrednosti promenljivih ONSK i STZ, KDAK donosi odluku o zahtevu za popunu. Ako je vrednost promenljive STZ veća ili jednaka vrednosti promenljive ONSK, promenljiva ZZPK poprima vrednost 0 i zahtev za popunu se ne dostavlja. Ako je promenljiva ONSK veća od STZ, promenljiva ZZPK poprima vrednost

razlike promenljive ONSK i STZ i zahtev za popunu se dostavlja. Zahtev za popunu dostavlja se prema KDAA. Na osnovu vrednosti promenljive STZ, UTR i VZAD određuje se vrednost promenljive VRISK (vreme do kada divizion treba popuniti municijom). KDAK prosleđuje zahteve za popunu ADP, vezanih po hijerarhiji za KDABR prema KDAA, prenoseći vrednosti promenljivih ZZPB i VRIS.

— Promenljiva VROA određuje vreme prijema i obrade informacija koje KDAA prima od ADP koji su po hijerarhiji vezani. Promenljiva VROAB određuje vreme prijema informacija od KDABR vezanih po hijerarhiji. Promenljiva VROAK određuje vreme prijema i obrade informacija koje KDAA prima od KDAK. KDAA pomoću promenljive PUTRA određuje promenljivu ONSA za naredni vatreni položaj. Na osnovu vrednosti promenljivih ONSA i STZ, KDAA donosi odluku o naređenju za popunu. Ako je vrednost promenljive STZ veća ili jednaka vrednosti promenljive ONSA, promenljiva ZZPA poprima vrednost 0 i naređenje za popunu se ne dostavlja. Ako je promenljiva ONSA veća od STZ, promenljiva ZZPA poprima vrednost razlike promenljive ONSA i STZ i naređenje za popunu se dostavlja prema POZBAZ. Na osnovu vrednosti promenljive STZ, UTR i VZAD određuje se vrednost promenljive VRISA (vreme do kada divizion treba popuniti municijom). KDAA prima zahteve za popunu ADP vezanih po hijerarhiji za KDABR, KDAK i KDABR vezanih po hijerarhiji za KDAK. Naređenje za popunu se dostavlja POZBAZ prenoseći vrednosti promenljivih ZZPB, ZZPK, ZZPA, VRIS, VRISK i VRISA.

— POZBAZ prima naređenje za popunu izjednačavajući vrednosti promenljivih ZZPB, ZZPK i ZZPA sa KSNA. Promenljiva VRPA određuje vreme potrebno za izvršenje popune. Redosled popune se određuje određivanjem razlike vrednosti promenljivih VRPA sa vrednostima promenljivih

VRIS, VRISK i VRISA. Prioritet u popuni imaju oni ADP za koje je vrednost razlike ovih promenljivih manja. Jednom započeta popuna realizuje se do kraja, bez obzira na prioritet. Popuna je realizovana nakon isteka VRPA za određeni ADP, povećanjem vrednosti promenljive STZ za vrednost promenljive KSNA. Ako je ADP hijerarhijski vezan za KDABR i realizovana je dopunska popuna, vrednost promenljive STZ se uvećava za vrednost promenljive KSNA, umanjenu za vrednost promenljive NDP. U tom slučaju promenljiva SZMB se uvećava za vrednost promenljive NDP.

— POZB prima naređenje za popunu izjednačavanjem vrednosti promenljivih KSNB sa vrednošću promenljive NDP. Promenljiva VRPB određuje vreme potrebno za realizaciju popune. Nakon isteka vremena VRPB vrednost promenljive STZ se uvećava za vrednost promenljive KSNB. U slučaju da je vrednost promenljive KSNB veća od vrednosti promenljive SZMB, promenljiva KSNB dobija vrednost promenljive SZMB, a promenljiva STZ se izjednačava sa 0. Promenljiva MANJB registruje nedovoljne količine municije u POZB. Promenljiva VPST određuje vreme premeštanja POZB.

— ADP prima municiju samo na vatrenom položaju. Municija se ne prima u toku premeštanja. Realizacija popune iz POZBAZ i POZB čeka ako je ADP u premeštanju, a za toliko se uvećavaju promenljive VRPB, VRPA, TRANB i TRANA. Na isti način postupaju i POZB pri prijemu municije iz POZBAZ, s tim da u toku svog premeštanja može vršiti popunu ADP.

Pretpostavke

— U toku vremena angažovanja utrošak municije se ne menja usled gubitka oruđa.

— Smatra se da nivo armije uvek raspolaže potrebnim količinama muni-

cije i potrebnim transportnim sredstvima.

Analiza opisanih promenljivih predstavlja određivanje zakonitosti promene i vrednosti ovih promenljivih, tako da u ovom radu nije posebno prikazana.

Eksperimenti i simulacija na modelu

Da bi se mogli provoditi eksperimenti na modelu ovog tipa, neophodno je izvršiti implementaciju modela na računar. Eksperimentisanje na modelu predstavlja, u suštini, simulaciju. Kao simulator se, u tom slučaju, pojavljuje računar, odnosno program koji je, po svojoj suštini, procesni model. Eksperimentisanje na modelu, kao jedna faza istraživanja, obuhvata planiranje jednog ili više eksperimenata i realizaciju tih eksperimenata. Realizacija eksperimenata, u ovom slučaju, znači provođenje simulacije na procesnom modelu. Prikazani model građen je za simulaciju diskretnih događaja.

Simulacija diskretnih događaja pretpostavlja da program daje skup vrednosti opisanih promenljivih samo u momentima kad se nešto stvarno događa. Program zbog toga mora biti oslobođen fiksnog vremenskog koraka. Prilikom simulacije diskretnih događaja simulator (program) kreće se po listi budućih događaja koja sadrži vremena u kojima će komponente modela pretrpeti promene stanja. Vreme za koje će se, prema prognozi, desiti događaj zove se vreme skoka. Za komponente za koje se ne može predvideti vreme skoka, čeka se promena uzrokovana prelaznim stanjem komponente ili inicijalizacija promene stanja komponente uticajem drugih komponenti.

Detaljan opis simulacije modela diskretnih događaja dat je u literaturi [10]. Potrebno je naglasiti da je opi-

sani model i simulacija koja je na njemu provedena simulacija diskretnih događaja, stohastička sa neuniformnim raspodelama.

Interpretacija opisanog modela u programskom jeziku zahteva tačno definisanje inicijalnih stanja i nekih od opisanih promenljivih komponenta modela. Inicijalni *scenario* za komponente ovog modela je dinamički model opštih borbenih dejstava.

Eksperimenti na modelu mogu biti provedeni radi praćenja procesa u sistemu ili kvantifikovanja pokazatelja funkcionisanja sistema. Radi ilustracije mogućih rezultata koji se dobijaju eksperimentima na modelu, biće prikazani samo neki izlazi. Pokazatelji funkcionisanja sistema snabdevanja, koji su prikazani u ovom radu, dobijeni su za jedan hipotetički inicijalni *scenario*.

Eksperimenti na modelu prema zadanom scenariju vršeni su radi kvantifikovanja pokazatelja koji opisuju procese popune za dati scenario. Prikazane su vrednosti za neke pokazatelje. Kvantifikovanje pokazatelja funkcionisanja sistema omogućava da se vrši njihova analiza.

Količina municije kojom se jedinica popunjava u jednoj popuni je slučajna veličina. Dobijene raspodele verovatnoća, koje opisuju ovu veličinu, prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1

Raspodele verovatnoća količine municije kojom se popunjava jedinica sa nivoa armije

Divizioni	Raspodela	Matematičko očekivanje (komad)
105 mm	E (1,0.00297)	673
122 mm	E (2,0.004788)	627
130 mm	N (531,247)	531
152 mm	N (369,188)	369
155 mm	N (329,149)	329

Vreme između dva zahteva za popunu jedne jedinice ima raspodelu verovatnoće prema tabeli 2.

Vreme između dva zahteva za popunu jedne jedinice

Divizioni	Nivo brigade (minuti)		Nivo armije (minuti)	
	Raspodela	M (X)	Raspodela	M (X)
105 mm	LN (5.74,0.92)	475	LN (5.54,0.53)	294
122 mm	LN (6.32,0.75)	741	LN (5.87,0.29)	371
130 mm			LN (6.62,0.3)	781
152 mm			LN (6.21,0.26)	513
155 mm			LN (6.01,0.28)	420

Matematičko očekivanje vremena između dva zahteva jedne jedinice za popunu municijom menja se u zavisnosti od diviziona i nivoa kome se zahtev upućuje. Podaci iz tabele pokazuju da se model ponaša na način kako se očekuje da će se ponašati sistem prema procenama eksperata [1, 2, 3, 4]. Dobijena matematička očekivanja vremena između dva zahteva prema nivou brigade su veća nego matematička očekivanja vremena između dva zahteva prema nivou armije, što se očekivalo. Svi zahtevi se usmeravaju prema nivou armije kao nivou koji vrši osnovnu popunu, a prema nivou brigade zahtevi se usmeravaju kada nivo armije ne može vremenski da stigne da izvrši popunu.

Vreme između dva zahteva za popunu, koje prima pozadinska baza pokorava se eksponencijalnoj raspodeli sa parametrom $\lambda = 0,0199$. Pošto se radi o potoku događaja koji nastaje slaganjem više potoka događaja, očekivalo se da se radi o prostom potoku događaja, odnosno da se vreme između dva događaja pokorava eksponencijalnoj raspodeli. Ako se svaki pristigli zahtev posmatra kao jedan događaj, jasno je da se radi o Poasonovom potoku događaja. Međutim, ako se zahtev posmatra kao količina municije tada se radi o složenom Poasonovom potoku događaja.

Zaključak

U svakom posebnom slučaju razvoja modela mora biti jasno definisana njegova namena. Svaki model za simulaciju ima širok spektar primene, ali primena mora ostati u okvirima njegove namene. Pogodnim definisanjem izlaza moguće je pratiti odvijanje velikog broja procesa.

Model prikazan u radu može zadovoljiti različite potrebe. Moguće osnovne primene su određivanje pokazatelja funkcionisanja sistema snabdevanja, istraživanja organizacije sistema, dimenzionisanje resursa snabdevanja, a može poslužiti i pri izboru tehnologije. To znači da primena modela ovog tipa nalazi svoje mesto i u fazi projektovanja sistema i u fazi provere funkcionisanja sistema. Eksperimentima na modelu dobijaju se manje pouzdani rezultati nego pri eksperimentima na samom sistemu, ali zato su ovi eksperimenti znatno jeftiniji. U fazi projektovanja sistema ili za klasu sistema koji je obrađivan u ovom radu, eksperimenti na sistemu čak nisu ni mogući, tako da praktično modelovanje u tim slučajevima nema alternativu. Računarski modeli su, zbog cene i brzine dobijanja rezultata, ravnopravni sa fizičkim modelima.

Literatura:

- [1] Rosić B., Vidojević V., Rodić D., Fetahović I., Radman Z., Marčesku N.: Artiljerija taktičko-operativna upotreba, VIZ, Beograd, 1978.
- [2] Peredeljskij G. E.: Artiljerijski divizion v boju, Voennoje izdateljstvo, Moskva, 1984.
- [3] UA SSNO, Borbeno pravilo artiljerije, SSNO, Beograd, 1982.
- [4] Vujnović V.: Taktika vatre zemaljske artiljerije, VIZ, Beograd, 1984.
- [5] Kovač M.: Unapređenje pripreme i izvođenja artiljerijske vatrene podrške napada pbr u zahvatu fronta, magistarski rad, CVVŠ KoV JNA, Beograd, 1989.
- [6] Mišković V.: Utvrđivanje kompleta municije artiljerije za podršku u funkciji intenziteta upotrebe artiljerijskih divizona, magistarski rad, CVTŠ KoV JNA, Zagreb, 1987.
- [7] Lakić R.: Planiranje i snabdevanje artiljerijskom municijom u napadnoj operaciji armije, diplomski rad, CVVŠ SNO, Beograd, 1981.
- [8] Borojević S.: Metodologija eksperimentalnog naučnog rada, Radnički univerzitet »Radivoj Čirpanov«, Novi Sad, 1978.
- [9] Horafas A. F.: Sistemi i modelirovanie, »MIR«, Moskva, 1987.
- [10] Zeigler B. P.: Theory of modeling and simulation, J. Wiley, New York, 1978.
- [11] Aljnah A. N.: Modelirovanije vičisliteljnih sistem, »Mašinostroenie«, Lenjingrad, 1988.
- [12] Avramčuk E. F. i drugi: Tehnologija sistemnogo modelirovanija, »Mašinostroenie«, Moskva, »Tehnik«, Berlin, 1988.
- [13] Vukadinović S., Popović J.: Metoda Monte-Karlo, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1985.
- [14] Mišković V.: Razvoj modela i postupaka za određivanje resursa snabdevanja municijom artiljerije za podršku, doktorska disertacija, VTA VJ, Beograd, 1994.

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

PRILOG PLANIRANJU MESEČNOG RADA RADIONICE ZA TEHNIČKO ODRŽAVANJE U ZDRUŽENIM TAKTIČKIM JEDINICAMA

Uvod

Posledice lošeg planiranja se kumulativno manifestuju i u ostalim procesnim funkcijama rukovođenja kao što su organizovanje, komandovanje, koordinacija i kontrola, a vrlo nepovoljno se odražavaju i u fazi realizacije zadataka.

Među brojnim zadacima koji se planiraju u združenim taktičkim jedinicama (ZTJ) jeste borbena obuka i vaspitanje. Deo tog planiranja je i planiranje borbene obuke i vaspitanja u jedinicama za tehničko održavanje i, u vezi s tim, planiranje mesečnog rada radionice za tehničko održavanje.

Polazeći od zastupljenosti u strukturi VJ i značaja radionice za tehničko održavanje za borbenu gotovost, planiranju rada jedinice za održavanje, koja vrši podršku ZTJ, treba posvetiti posebnu pažnju.

Planiranje mesečnog rada radionice za tehničko održavanje nije sistemski potpuno rešeno, a ni segmenti koji su normativno regulisani ne primenjuju se dovoljno. U praksi se javljaju izvesne razlike i parcijalni pristupi u planiranju, bez šireg sagledavanja okruženja, uticaja ograničenja i obaveza svih subjekata borbene obuke i vaspitanja.

U uslovima nestabilnosti okruženja u kojima radionica izvršava svoje zadatke, bez jedinstvenog pristupa ovom problemu, razlike mogu biti vrlo velike.

U praksi se problemi koji se javljaju pri planiranju mesečnog rada radionice, javljaju u gotovo svim ZTJ. Sve je više problema pri realizaciji zadataka koji su posledica planiranja, što ukazuje na činjenicu da planiranju treba posvetiti više pažnje i nastojati ga sistemski razrešiti.

Pri planiranju mesečnog rada radionice za tehničko održavanje, radionica se mora posmatrati *kao preduzeće* koje mora da ostvari visok stepen rentabilnosti poslovanja i *kao vojna jedinica* koja mora da ostvari visok stepen borbene gotovosti.

Planiranje mesečnog rada radionice u ZTJ zahteva tesnu saradnju i *direktnu komunikaciju* između velikog broja subjekata: korisnika usluga radionice (osnovne jedinice, komande, rukovaoci), organa komande i komandira jedinice za održavanje.

Komuniciranje isključivo pisanim dokumentima, pasivan odnos ili nezainteresovanost pojedinih subjekata, negativno se odražava na efikasnost planiranja, a samim tim i realizaciju zadataka koje obavlja radionica.

Da bi se ovaj problem rešio potrebnog ga je šire sagledati u sastavu planiranja borbene obuke i vaspitanja u ZTJ, uz uvažavanje zakonitosti i uslova života i rada, normativa i regulativa koji definišu ovu oblast i poznavanje naučnog pristupa planiranju.

Ciljevi ovog su da se:

- sa organizacionog aspekta izvrši stručna deskripcija planiranja mesečnog rada radionice za tehničko održavanje u ZTJ, kao integralnog dela borbene obuke i vaspitanja, uz uvažavanje ograničenja organizacione i tehnološke prirode, i iznesu određeni predlozi. Tako će se stvoriti *skromna* polazna osnova za dalji rad na usavršavanju planiranja mesečnog rada radionice,

- obimna materija iz ovog kompleksnog područja sistematizuje i prezentira na jednom mestu,

- identifikuju nosioci informacija potrebnih za planiranje mesečnog rada radionice,

- naglase obaveze pojedinih subjekata borbene obuke i vaspitanja prema planiranju mesečnog rada radionice,

- olakša rad organima tehničke službe (TSl) koji se bave planiranjem mesečnog rada radionice a posebno oficirima TSl na početnim dužnostima, i planiranje podigne na viši nivo, čime će se postići znatne uštede novca, vremena, prostora, opreme, materijala, i sl.

Opis i razrada planiranja mesečnog rada radionice

Problemi u planiranju mesečnog rada radionice dobrim delom se javljaju usled nedovoljno izvršene integracije aktivnosti planiranja borbene obuke i vaspitanja, a i pratećih aktivnosti iz života i rada koje nisu sastavni deo borbene obuke i vaspitanja, ali su u njenoj funkciji.

Problem integracije se dobrim delom ogleda u neshvatanju potrebe za

integralnim pristupom planiranju rada radionice i neiznalaženju odnosa između toga koliko je pri tome potrebno *saradnje* a koliko *komandovanja*.

Često je zastupljen pristup da su borbena obuka i vaspitanje jedinica rodova više značajni od jedinica službi, pa se ova dva segmenta razmatraju odvojeno i nezavisno, neuzimajući u obzir da se oni međusobno podržavaju, da su komplementarni i da deluju celovito u borbenim dejstvima.

Problemi se ne sagledavaju kompleksno već parcijalno i površno, što se odražava na planiranje i rad radionice za tehničko održavanje.

Problemi, na nivou ZTJ, mogu se podeliti na ljudske, organizacione i stručne. Organizacioni i stručni problemi su, takođe, ljudski pa ih pri planiranju mesečnog rada radionice treba tako i sagledavati.

Potreba za sveobuhvatnijim sagledavanjem ove problematike proizilazi zbog sledećih razloga:

- ukidanje pozadine na nivou garnizona (kasarne) i prelazak na *novi sistem TOB-a* nisu pratile adekvatne promene u normativnom regulisanju,

- nezvanična, ali ipak prisutna podela u komandama na *operativni* i *pozadinski deo*, a samim tim i podela planiranja,

- nedovoljno precizno definisano stanje sistema, bližeg i daljeg okruženja u kome radionica obavlja zadatke,

- nedorečenost i nedovoljna preciznost po pitanju nadležnosti i obaveza pojedinih subjekata rukovođenja prema planiranju borbene obuke i vaspitanja,

- znanja i iskustva iz ove oblasti nisu sistematizovana i dostupna na jednom mestu,

- teškoće u radu mladih kadrova na početnim dužnostima u jedinicama za održavanje,

- nedovoljno kvalitetno planiranje i slaba realizacija mesečnih planova rada u praksi,

— nedovoljna zainteresovanost pojedinih organa u ZTJ za mesečno planiranje rada radionice i često angažovanje ljudstva radionice na neplanskim i nestručnim zadacima,

— promene u formaciji pozadinskih jedinica, koje nisu do kraja normativno podržane,

— nedovoljno precizno razgraničenje nadležnosti u komandovanju pozadinskim jedinicama,

— statički prilaz u planiranju mesečnog rada radionice,

— prestankom izveštavanja pretpostavljenih stručnih organa, što je zadatak organa TSl u ZTJ, o realizaciji mesečnog plana rada radionice, znatno je smanjena njihova mogućnost uticaja na unapređenje planiranja i realizaciju rada u radionicama,

— zahteva prakse da se materija koja reguliše ovu oblast sistematizuje i učini dostupnom na jednom mestu,

— resursi radionica za tehničko održavanje moraju se koristiti optimalno, a planiranje njenog rada obavljati centralizovano.

Osnovi planiranja borbene obuke i vaspitanja u ZTJ

Planiranje borbene obuke i vaspitanja¹⁾ jeste proces iznalaženja racionalnih načina, rešenja, postupaka i izrade programa kojima će se postići visok stepen obučenosti i materijalno-tehničke pripremljenosti jedinica za izvršenje namenskih zadataka.

Polazna osnova za planiranje borbene obuke i vaspitanja jesu planovi borbene obuke i vaspitanja vojnika i jedinica rodova i službi.

Realizacija mesečnog plana rada radionice za tehničko održavanje, ujedno je proces realizacije borbene obuke

i vaspitanja jedinice za tehničko održavanje.

Borbena obuka i vaspitanje su prioritetni zadaci koji presudno utiču na osposobljenost osnovnih jedinica za izvršenje namenskih zadataka u borbennim dejstvima.

Planiranje mesečnog rada radionice mora biti obuhvaćeno planiranjem (koordiniranjem) aktivnosti borbene obuke i vaspitanja, koje se u ZTJ obavlja jednom mesečno. Detaljno planiranje borbene obuke i vaspitanja vrši se po osnovnim jedinicama.

S obzirom na značaj ovog planiranja za borbenu gotovost u njemu moraju biti uključeni svi subjekti rukovođenja, od komandira osnovnih jedinica do komandanta ZTJ.

Planiranje mesečnog rada radionice nemoguće je odvojiti od mesečnog planiranja borbene obuke i vaspitanja jedinice za tehničko održavanje, koja u radionici realizuje najveći deo zadataka borbene obuke i vaspitanja.

Kao proizvod planiranja borbene obuke i vaspitanja javljaju se planovi i zahtevi.

Da bi se uskladile obaveze osnovnih jedinica, proistekle iz Plana borbene obuke i vaspitanja, zahteva i odluka viših komandi, na nivou ZTJ vrši se mesečna koordinacija (planiranje) aktivnosti vezanih za realizaciju borbene obuke i vaspitanja. U tome bi morali učestvovati komandiri samostalnih jedinica, komandanti, pomoćnik načelnika štaba za operativno-nastavne poslove, načelnik štaba, načelnici rodova i službi, pomoćnici komandanta i komandant ZTJ.

U toku koordinacije iznose se zahtevi²⁾ za angažovanje stručne radne

¹⁾ Borbena obuka i vaspitanje je planska, organizovana, naučno zasnovana aktivnost i najvažniji deo vojnog vaspitanja i obrazovanja. Ostvaruje se kroz realizaciju zadataka obrazovnog, vaspitnog i operativnog karaktera.

²⁾ Komandiri, komandanti i organi komandi imaju mogućnost da svakog meseca, na referisanju kod komandanta ZTJ, iznesu probleme čije rešavanje zahteva angažovanje ljudstva tehničke radionice. Ovi zahtevi se, u vidu naređenja preko PKPo, odnosno komandanta pozb, dostavljaju jedinicama za tehničko održavanje. Pored navedenih nisu isključena komuniciranja između komandira i komandanata sa NTSI, odnosno komandantom pozb ili komandirom jedinice za održavanje.

snage iz radionice, za potrebe jedinica. Ovi zahtevi se dostavljaju u pisanoj formi, do 23. u mesecu za naredni mesec. Zahteve koji su od interesa za izradu Plana koordinacije komandiri, komandanti i organi komande dostavljaju i u pisanoj formi organu za operativno-nastavne poslove.

Uvažavajući sve zahteve i ograničenja, organ za operativno-nastavne poslove izrađuje Plan koordinacije (do 25. u mesecu za naredni mesec), gde se unose sve značajne aktivnosti ZTJ, uključujući preventivno održavanje, komandantske preglede, prelaz sa jednog vida eksploatacije na drugi, rekonstrukciju i konzervaciju TMS (koje će kasnije biti obuhvaćene Mesečnim planom rada radionice).

Plan koordinacije odobrava komandant ZTJ i on ima naredbodavni karakter za sve potčinjene jedinice.

Planovi koordinacije dostavljaju se komandama i komandirima samostalnih jedinica, koji svoje planove izrađuju uz uvažavanje Plana koordinacije ZTJ.

Komande dostavljaju osnovnim jedinicama Izvod iz Plana koordinacije, gde ih obaveštavaju (informišu) o aktivnostima iz Plana koordinacije koje su značajne za njih, kako bi mogli da planiraju borbenu obuku i vaspitanje.

Na osnovu Planova borbene obuke i vaspitanja vojnika i jedinica rodova i službi,³⁾ gde je definisana borbena obuka i vaspitanje po sadržajima (predmetima) i obimu, organi komande, svako iz svog delokruga nadležnosti, izrađuju Tematske planove⁴⁾ u kojima se, po me-

secima definišu teme i obim realizacije.

Planiranje borbene obuke i vaspitanja obavlja se mesečno na nivou osnovnih jedinica, u Rasporedu borbene obuke i rada.⁵⁾

Ono je usklađeno sa planovima borbene obuke i vaspitanja jedinica rodova i službi, tematskim planom, planom koordinacije, zahtevima i odlukama pretpostavljenih komandi i uslovima života i rada u ZTJ. U raspored borbene obuke i rada unose se i podaci o TMS (npr. vozila), koja će biti angažovana u realizaciji određenih sadržaja obuke.

Radi bolje koordinacije rada i praćenja borbene obuke i vaspitanja, osnovne jedinice svakog meseca dostavljaju svojoj komandi Izvode iz rasporeda borbene obuke i rada i Prijave — pregled TMS koja se prijavljuju za tehničko održavanje (prilog broj 1).

Komanda objedinjuje ove izvode i, uz njih, dostavlja pomoćniku načelnika štaba za operativno-nastavne poslove (PNŠONP) i zahteve koje imaju prema organima komande radi pružanja stručne pomoći, odnosno angažovanja stručnih lica za ispomoc u realizaciji planskih i vanrednih zadataka (procena nagriženosti cevi naoružanja, ispomoc u periodičnim pregledima, komandantski pregledi, gađanja, odeljenjske i vodne vežbe).

Prijave TMS za tehničko održavanje dostavljaju se preko organa za operativno-nastavne poslove, načelniku TSI (na obrascu prilog 1) do 24. u mesecu za naredni mesec. Načelnik TSI na osnovu podataka iz prijave, zahteva jedinica i organa komande iznetih na me-

³⁾ Borbeni obuku vojnika i jedinica TSI po periodima obuhvata:

a) period vojničkog obučavanja (prema Planu i programu koji je izdala Uprava za obuku GS VJ) sa fazama osnovne obuke i stručno-specijalističke obuke,

b) period obuke u vršenju službe, sa fazama doobuke (osposobljavanje za rad na sredstvima koja nisu izučavana u TNC) i vežbi jedinica (u sklopu vežbi jedinica i ustanova VJ).

Po sadržajima obuhvata: moralno vaspitanje, vojnostručnu obuku i fizičko vaspitanje.

⁴⁾ Tematski planovi izrađuju se na osnovu Plana i programa borbene obuke i vaspitanja vojnika i jedinica rodova i službi. Zajedno sa Planovima i programima borbene obuke i vaspitanja čine osnovu za mesečno planiranje borbene obuke i vaspitanja u Rasporedu borbene obuke i rada.

⁵⁾ U jedinici za tehničko održavanje radi se svakog meseca Plan borbene obuke i vaspitanja za naredni mesec, kao osnovni dokument koji reguliše borbenu obuku i vaspitanje jedinice za tehničko održavanje, a time i vojnostručnu obuku. Ovaj plan radi se uz uvažavanje Plana koordinacije aktivnosti na nivou ZTJ, Plana borbene obuke i vaspitanja vojnika i jedinica TSI, Tematskog plana i specifičnosti uslova života i rada u ZTJ. U skladu sa ovim planom radi se Mesečni plan rada, Plan punjenja i kondicioniranja akumulatora i Plan ispomoci jedinicama u osnovnom održavanju prilikom izvođenja periodičnih pregleda, koji se uklapaju u Mesečni plan rada radionice.

PREGLED

TMS u vojnoj pošti ————— koja se prijavljuju za tehničko održavanje —————
za mesec ————— 199 ————— godine

R. br.	Naziv TMS	Registarski — fabrički broj	Potrebno je izvršiti					Kratak opis neis- pravnosti i druge primedbe
			TP	I	II	LR	Konzer- vacija	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

sečnom planiranju (koordiniranju) zahteva iznetih na mesečnom referisanju komandantu ZTJ i poznavanja stanja TMS u jedinicama, određuje potrebne vremenske resurse prema strukturi radne snage i to grubo za laki remont (LR) TMS i ispomoc osnovnim jedinicama a precizno za tehničke preglede (TP) i konzervaciju.

Komandir jedinice za tehničko održavanje, pored Izvoda iz Plana koordinacije, dobija od načelnika TSl objedinjene zahteve osnovnih jedinica i komandi, zahteve organa komande i komandanta za čije ispunjavanje je neophodno angažovanje stručne radne snage iz radionice. Takođe, dobija Mesečni plan rada radionice i odobrene prioritete kojih se mora pridržavati u realizaciji.

Na osnovu Izvoda iz plana koordinacije, Tematskog plana i Plana borbene obuke i vaspitanja vojnika i jedinica TSl, obaveza koje proističu iz uslova života i rada jedinice za tehničko održavanje, komandir jedinice za tehničko održavanje mesečno planira borbenu obuku i vaspitanje u Rasporedu borbene obuke i rada.

Najveći procenat vremena u rasporedu borbene obuke i rada pripada stručno-specijalističkoj obuci. Ta obuka obuhvata teorijske sadržaje, teorij-

ske-praktičan i najviše praktičan (proizvodni) rad na radnim mestima, odnosno na mestima gde konkretna situacija nalaže.

Vreme ukupno potrebno za realizaciju aktivnosti iz Mesečnog plana rada radionice, izraženo u norma-časovima (Nč), mora biti manje ili jednako vremenu predviđenom (raspoloživom) u Rasporedu obuke i rada za stručno-specijalističku obuku.

Obaveze pojedinih subjekata komandovanja prema planiranju mesečnog rada radionice

Planiranje mesečnog rada radionice za naredni mesec mora početi *zajedno* sa planiranjem borbene obuke i vaspitanja, odnosno na koordinaciji aktivnosti na nivou ZTJ. Planiranje zahteva timski rad i integralni pristup *zainteresovanih subjekata*.

U vezi sa tim, obaveze *zainteresovanih subjekata* su sledeće:

— komandir jedinice za tehničko održavanje, proračunava radioničke kapacitete u norma časovima (Nč), uzimajući u obzir planske i neplanske gubitke, organizacione i tehnološke gubitke zbog postojećeg stanja kadra, opreme, dokumentacije, radnog prostora, TMS,

rezervnih delova (r/d) i određenih planova koji su u funkciji realizacije zadataka radionice, i dostavlja ih do 16. u mesecu organu TSl. Takođe, do 23. u mesecu, izveštava o zadacima koji se ne mogu realizovati do kraja tekućeg meseca,

— *načelnik tehničke službe* upoznaje prisutne na koordinaciji sa obavezama radionice koje proizilaze iz dugoročnih planova održavanja (rekonzervacija i tehnički pregledi na osnovu vremenskih resursa, predlog za srednji remont i generalni remont u narednoj godini), godišnjih planova, a posebno sa Planom izvršenja tehničkih pregleda (TP), konzervacije TMS, zahtevima — prijavama za laki remont sredstava iz jedinica, zadacima koji se ne mogu izvršiti u tekućem mesecu a planirani su mesečnim planom rada radionice i raspoloživim kapacitetima radionice za naredni mesec, izraženim u NČ (da li ima znatnog smanjenja ili povećanja).

Takođe, daje informacije o stanju zaliha rezervnih delova (r/d), repromaterijala (r/m) i potrošnog materijala (p/m) neophodnih za normalno odvijanje procesa rada u radionici, i opštem stanju i spremnosti za rad u narednom mesecu.

Osim toga, iznosi podatke o pojedinim profilima stručne radne snage kojima radionica ne raspolaže (npr. optičari, precizni mehaničari, mehaničari za IC sredstva, raketni mehaničari, mehaničar za PA sredstva, i dr.) i daje predlog da se oni traže iz pozadinske baze, radi ispomoći,

— *načelnici rodova i službi* dostavljaju zahteve za angažovanje stručne radne snage iz radionice, koja je potrebna jedinicama njihovog roda — službe. Tako, na primer, *organ* veze ispostavlja zahtev za angažovanje stručne radne snage prilikom provere veza, *organ artiljerije* ispostavlja zahtev za angažovanje stručne radne snage za izvođenje veštačkog trzanja artiljerijskih oruđa, *organ saobraćajne službe* ispo-

stavlja zahtev za angažovanje stručne radne snage iz tehničke radionice prilikom doobuke i kondicioniranja vozača i praćenja automobilskih transporta, kao i zahteve za tehničke preglede vozila koja su u intenzivnoj eksploataciji, *organ inženjerije* ispostavlja zahtev za tehničke preglede inženjerijskih sredstava u intenzivnoj eksploataciji, itd.,

— *pomoćnik komandanta za pozadinu* iznosi zahteve koji su od interesa za sve pozadinske službe i pozadinsko obezbeđenje ZTJ u celini (održavanje infrastrukture, objekata i sl.) a za koje je neophodno angažovanje ljudstva radionice,

— *ostali pomoćnici komandanta*, takođe, iznose zahteve za angažovanje radionice radi realizacije zadataka iz svog domena rada,

— *pomoćnik načelnika štaba za operativno-nastavne poslove* ispostavlja zahteve za angažovanje ljudstva radionice pri smenama straže, određenim gađanjima, izradi meta, održavanje uređaja na strelištu, i sl.,

— *komandant pozadinskog bataljona* (pozab) iznosi svoje potrebe za angažovanje stručne radne snage na komandantskim pregledima, održavanju objekata koji pripadaju njegovoj jedinici, itd.,

— *komande jedinica* iznose svoje zahteve za angažovanje stručne radne snage za vreme komandantskih pregleda, prilikom odeljenjskih, vodnih i četnih vežbi, odeljenjskih i vodnih gađanja, na periodičnim pregledima, pre odlaska na teren, odnosno za laki remont i tehničko održavanje TMS (na osnovu eksploatacionih i vremenskih resursa),

— *načelnik štaba* iznosi zahteve u vezi sa važnim redovnim i vanrednim zadacima iz domena borbene obuke i vaspitanja, koji zahtevaju angažovanje ljudstva tehničke radionice (npr. vodne i četne vežbe, određena gađanja, provere borbene gotovosti, komandantski

pregledi koje obavlja komandant ZTJ, i dr.),

— *komandant ZTJ* postavlja zahteve u vezi sa zadacima i obavezama iz oblasti borbene obuke i vaspitanja, života i rada celokupne ZTJ koji zahtevaju angažovanje ljudstva tehničke radionice (komandantski pregled, kovački, farbarski i zavarivački radovi na uređenju poligona i kasarne, uređenje objekata za posebne namene), odobrava-naređuje prioritete u izvršavanju pojedinih zadataka proisteklih iz zahteva ostalih subjekata borbene obuke i vaspitanja, odobrava konzervaciju i prvu rekonzervaciju TMS i određuje prioritet u radovima po jedinicama i sredstvima, u zavisnosti od njihovog značaja za borbenu gotovost (b/g) jedinice i dr. Takođe zahteva pripremu TMS jedinica koje se angažuju prema posebnim naređenjima radi dostizanja određenog stepena b/g.

Osnovni planovi i aktivnosti značajni za planiranje mesečnog rada radionice

Ovi planovi mogu se, uslovno, podeliti na dve grupe: planove koji regulišu određene segmente borbene obuke i vaspitanja, odnosno života i rada u ZTJ, a značajni su za planiranje mesečnog rada radionice i planove koji se odnose na funkciju održavanja TMS (planovi održavanja TMS i planovi koji su u funkciji održavanja). Planovi iz prve grupe su, uglavnom, objašnjeni.

Karakteristični planovi iz druge grupe su:

— dugoročni i srednjoročni planovi održavanja (Plan rekonzervacije dugoročno zaštićenih TMS i TP po osnovi vremenskih resursa, Planovi SR i GR po osnovi vremenskih resursa),

— godišnji planovi (Plan potreba i mogućnosti za tehničko održavanje, Plan nabavki, radova i usluga, Plan slanja TMS na SR i GR, Plan prelaska s

jednog vida eksploatacije na drugi. Plan izvršenja TP i konzervacije-rekonzervacije TMS, Plan punjenja i kondicioniranja akumulatora, Plan provere protivtrzaćućih sistema artiljerijskih oruđa-veštačkog trzanja, Plan stručno-specijalističke obuke, Plan komandantskih pregleda, i dr.).

Takođe, izrađuju se i određeni planovi u čijoj izradi učestvuje-sarađuje organ TSI, a mogu poslužiti kao vredan izvor informacija o stanju TMS (Plan eksploatacije borbenih i neborbenih vozila, Plan eksploatacije inženjerijskih mašina).

Godišnji Plan izvršenja TP i konzervacije TMS izrađuje organ TSI u saradnji sa komandirima i komandama, organima rodova i službi, rukovodcima i komandirima jedinice za tehničko održavanje. Radi se na osnovu dugoročnih i srednjoročnih planova, na osnovu evidencije o eksploataciji i stanju TMS⁶⁾ uz uvažavanje eksploatacionih i vremenskih resursa i mogućnosti tehničke radionice, a u skladu sa Planovima i programima borbene obuke i vaspitanja jedinica rodova i službi (angažovanje jedinica izvan kasarne) i mogućnosti jedinice za tehničko održavanje (radionice za tehničko održavanje).

Svim jedinicama, krajem tekućeg meseca *organ TSI*, dostavlja Izvod iz Plana izvršenja tehničkih pregleda i konzervacije, kojim se obaveštavaju da su njihova sredstva planirana za TP u narednom mesecu (i pored toga što se Planom koordinacije obaveštavaju o tome).

⁶⁾ Vode je komandiri osnovnih jedinica, rukovodci, organi tehničke i saobraćajne službe, odnosno organi rodova i službi za sredstva iz svoje nadležnosti. Podatke o eksploataciji korisnici i rukovodci unose u tehničke knjižice, a ostali organi u Pregledu o eksploataciji TMS (organ inženjerije, organ saobraćajne službe), koji su sastavni deo Plana eksploatacije TMS, a izrađuje se za celu godinu i po kvartalima. Organi saobraćajne službe i inženjerije vode evidenciju o eksploataciji neborbenih vozila na osnovu zaključenih putnih radnih lista (obrazac SbSI-54). Organi TSI za sada nemaju adekvatno rešen metod praćenja stanja TMS u ZTJ.

Praksa je pokazala da je u ZTJ dobro planirati tehničke preglede, tako da svakog meseca njima budu obuhvaćena sredstva iz jedne jedinice, a ukoliko radionica tehničkog održavanja raspolaže većim kapacitetima, mogu se obuhvatiti i sredstva sledeće jedinice.

Ukoliko se TP na sredstvima jedne jedinice ne mogu realizovati u toku tekućeg meseca, radovi će se nastaviti u toku sledećeg meseca.

Načelno, tehničke preglede sredstava koja su češće u eksploataciji u letnjem periodu, treba planirati u zimskim mesecima (inž. bataljon, izviđačka četa), a na sredstvima u RR-u u letnjem periodu.

Sredstva prištapskih jedinica treba planirati, načelno, jednog meseca ili ih priključiti uz jednu od jedinica, ukoliko tehnički pregledi na njihovim sredstvima ne zahtevaju angažovanje celokupnih resursa radionice u toku celog meseca.

Za sredstva pozadinskog bataljona takođe treba predvideti jedan mesec za TP. Međutim, njihova sredstva mogu se uzimati u rad i kada je mesečni plan rada ozbiljnije narušen zbog vanrednog angažovanja sredstava pojedinih jedinica i njihovog odsustvovanja iz kasarne, kako bi kapaciteti radionice bili optimalno iskorišćeni.

Plan prelaska s jednog vida eksploatacije na drugi sprovodi se na TMS koja u letnjem i zimskom periodu u svojim sistemima koriste različite radne medije (za podmazivanje, hlađenje i sl.). Radi se po jedinicama, uz uvažavanje strukture i obima radova propisanih uputstvima TS-I za svako sredstvo. Jedinice se, o planiranom prelasku sa jednog vida eksploatacije na drugi, obaveštavaju posebnim naređenjem i preko Plana koordinacije.

Ovi radovi planiraju se, načelno, u aprilu i oktobru.

Komandantski pregledi (redovni) u ZTJ (jednom godišnje) i nižim jedini-

cama (dva puta godišnje), planiraju se godišnjim planom rada komande ZTJ i planovima komandi jedinica.

Angažovanje radioničkih kapaciteta na komandantskim pregledima planira se planom rada radionice. Na ovim pregledima angažuje se najveći mogući broj stručne radne snage.

Uz uvažavanje Plana koordinacije i planirane obuke jedinice za održavanje (u Rasporedu obuke i rada), raspoloživih netokapaciteta radionice, stepena realizacije prethodnog mesečnog plana rada radionice, obaveza proisteklih iz godišnjih planova, obaveza proisteklih na osnovu zahteva korisnika usluga radionice i organa komande ZTJ, vanrednih i redovnih zadataka i aktivnosti jedinica, upravni organ TSl izrađuje mesečni plan rada radionice. U taj plan moraju se uklopiti i *Plan punjenja i kondicioniranja akumulatora* (prilog broj 2), *Plan ispomoći jedinicama na periodičnim pregledima* (prilog broj 3), i *Plan provere protivtrzajućih sistema artiljerijskih oruđa — veštačkog trzanja* (prilog 4).

Na nivou ZTJ, *periodični pregled* se planira istog dana u svim jedinicama, osim u pozadinskim, u trajanju 2 do 4 nastavna časa. Periodični pregled u jedinicama pozadinskog bataljona planira se u danu kada je dinamika aktivnosti u ZTJ najmanja.

Plan ispomoći jedinicama u osnovnom održavanju, pri izvođenju periodičnih pregleda, izrađuje se po sedmicama (radnim nedeljama) i strukturi radne snage, vodeći računa da deo kapaciteta ostane na raspolaganju za rad na drugim zadacima, prvenstveno tekućim radovima iz domena LR (zbog hitnosti poslova).

U dane kada osnovne jedinice obavljaju periodične preglede, to je težišna aktivnost za jedinicu tehničkog održavanja i najveći deo kapaciteta treba angažovati na ispomoći jedinicama.

Primer načelnog Plana punjenja — kondicioniranja akumulatora u akumulatorskoj stanici VP —————

Akumulatori Jedinica	Vrsta i tip akumulatora						
	Olovni akumulatori					Nikl-kadmijum akumulatori	Srebro-cink akumulatori
	12 V 135 Ah	12 V 70 Ah	12 V 40 Ah	12 V 110 Ah	.		
1. pb	1.	1.	1.	1.		1.	1.
2. pb							
.							
.							
poz b	25. i 26.	25. i 26.	25. i 26.	25. i 26.			

Napomena: brojevi u poljima, ispod vrste i tipa akumulatora, odnose se na datum u mesecu kada konkretna jedinica donosi akumulatore na punjenje — kondicioniranje.

Prilog 3

Primer načelnog Plana ispomoći jedinicama pri obavljanju periodičnih pregleda

Jedinica Struk- tura radne snage	1. pb	2. pb	had	.	.	poz b
Mehaničar za p/n	I	I	IV			
Art. mehaničar			II			
Meh. za ICU i NS						
Mehaničar za PAA						
Raketni mehaničar						
Mehaničar za v/t						
.						
.						

Napomena: rimski brojevi I, II, III, IV, V, odnose se na redni broj radne nedelje u mesecu.

Primer načelnog Plana veštačkog trzanja

Izvršilac \ Jedinica	VP 1515/6	VP 1515/7	..	..	..	
N. N, art. mehaničar	I	I	IV			
M. M, art. mehaničar			II			
..						
..						
..						

Napomena: rimski brojevi I, II, III, IV, V, odnose se na redni broj radne nedelje u mesecu.

Praksa je pokazala da je dobro praviti mesečni plan punjenja i kondicioniranja akumulatora po vrstama i tipovima akumulatora i jedinicama, pri

čemu termini za jednu organizacionu celinu (jedinicu) treba da budu isti svakog meseca.

— nastaviće se —

Mr Zoran Ristić,
potpukovnik, dipl. inž.

ODREĐIVANJE SLOBODNIH VIBRACIJA CEVI ORUĐA

Određivanje karakteristika vibracija: Svojstvenih frekvencija i formi vibracija izvršeno je primenom metode konačnih elemenata (MKE). Cev oruđa je aproksimirana sa više segmenata različitog poprečnog preseka, zavisno od konfiguracije. Simulacija programskog rešenja MKE prikazana je na modelu cevi topa kalibra 40 mm. Rezultati pokazuju da najveći uticaj na preciznost imaju vibracije cevi prvog i drugog reda, jer se više frekvencije brzo prigušuju i imaju male amplitude.

Uvod

Svako opaljenje projektila predstavlja dinamičko (impulsno) opterećenje koje dovodi do akumulacije energije u svim elementima oruđa. Posle opaljenja dolazi do raznih oblika transformacija ove energije i njenog konačnog *istittravanja* u procesu smirivanja mehaničkog sistema.

Oscilovanje je najizraženije kod cevi koja je najopterećeniji deo oružja ili oruđa. Usled akumulirane energije, a s obzirom na problem koji se razmatra, dolazi do svojstvenih vibracija cevi kako po pravcu tako i elevaciji, što se odražava na preciznost oru-

đa. Pojava vibriranja cevi može biti veoma štetna, posebno kod automatskog naoružanja, ako se brzina gađanja poklopi sa svojstvenom frekvencijom cevi. Vibracije cevi naoružanja mogu se proučavati i ispitivati različitim metodama. Za primenu metode konačnih elemenata u analizi slobodnih vibracija cevi oruđa bez prisustva prigušenja razvijeno je odgovarajuće programsko rešenje za MKE na personalnom računaru [1].

U analizi dinamičkog modela cevi polazi se od statičkog modela oblika konzole, usvojenog broja i oblika konačnih elemenata. Za određivanje diferencijalnih jednačina, koje opisuju ovakav dinamički model, definisane su matrice krutosti i matrice masa. Primena metode MKE i njena fizička opravdanost prikazana je, uz neophodna objašnjenja, bez detaljnijeg opisa.

Programskim modelom na personalnom računaru proračunavaju se svojstvene frekvencije cevi, vektori pomaka i forme vibriranja u grafičkom obliku. Organizacija programskog modela može se predstaviti sledećim fazama na osnovu kojih se formira algoritam:

a) učitavanje ulaznih podataka,

b) formiranje matrice krutosti i matrice masa konačnog elementa,

c) formiranje matrice masa i matrice krutosti celog sistema,

d) redukcija matrica sistema,

e) određivanje dinamičke matrice sistema,

f) određivanje svojstvenih vrednosti i svojstvenih vektora dinamičke matrice,

g) određivanje vektora pomeranja u čvorovima,

h) proračun pomaka i crtanje formi vibriranja.

Analize vibracionih karakteristika cevi pokazale su da najveći uticaj na preciznost imaju vibracije prvog i drugog reda, a da se viši modovi brzo prigušuju, što znači da nose malu energiju. Osim toga, visoke frekvencije se i teže pojavljuju. Pri proučavanju uticaja vibracija cevi na gađanje, posebno za automatska oružja, karakteristični su rezonancija i trenutak izlaska projektila iz cevi.

Problem rezonancije javlja se pri pojavi vibracija prvog reda koje imaju nižu frekvenciju i sporije se prigušuju. Eksperimenti su pokazali da najveći uticaj na preciznost imaju vibracije drugog reda, jer izazivaju veći ugao nagiba prednjeg dela cevi. Osim toga, i promena poprečne brzine usta cevi je veća, što takođe utiče na preciznost. Inače, vibracije drugog reda se prigušuju relativno brzo, tako da ne može doći do rezonancije pri brzinama gađanja koje se najčešće koriste.

Primena metode MKE u analizi slobodnih vibracija

Metoda konačnih elemenata omogućava da se kontinualni dinamički sistem nosećih struktura, sa beskonač-

no stepeni slobode kretanja, svede na dovoljno veliki ograničen broj stepeni slobode i, kao takav, analizira. Polazeći od Hamiltonovog varijacionog principa, može se dobiti matrični zapis dinamičke ravnoteže konačnog elementa, a na osnovu toga diferencijalna jednačina kretanja u matričnom obliku [2].

Za sistem konačnih elemenata ova jednačina glasi:

$$M \cdot \ddot{q} + C \cdot \dot{q} + K \cdot q = Q \quad (1)$$

gde je:

M — matrica masa (definiše inercijalna svojstva sistema),

C — matrica prigušenja sistema,

K — matrica krutosti (definiše elastična svojstva sistema),

q — vektor generalisanih pomeranja u čvorovima sistema ($\dot{q}$, $\ddot{q}$ — odgovarajuća brzina i ubrzanje),

Q — vektor generalisanih sila u čvorovima sistema konačnih elemenata.

U slučaju slobodnih vibracija, kada nema prigušenja ni konzervativnih spoljašnjih sila, jednačina (1) dobija oblik:

$$M \cdot \ddot{q} + K \cdot q = 0 \quad (2)$$

Kako je svojstveno vibriranje harmonijskog karaktera, vektor pomaka u čvorovima može se prikazati kao:

$$q = \bar{q} \cdot e^{i\omega t}, e^{i\omega t} = \cos \omega \cdot t + i \cdot \sin \omega \cdot t$$

pa jednačina svojstvenih vibracija dobija oblik:

$$(K - \omega^2 \cdot M) \cdot \bar{q} = 0 \quad (3)$$

Matrična jednačina (3) predstavlja homogen sistem algebarskih jednačina,

čiji broj odgovara broju stepeni slobode sistema. Ovaj sistem ima netrivi-
jalno rešenje, ako je determinanta si-
stema:

$$|K - w^2 \cdot M| \cdot \bar{q} = 0 \quad (4)$$

Ovaj izraz je karakteristična je-
dnačina sistema, čiji red odgovara bro-
ju stepeni slobode sistema po w^2 . Svi
koreni ove jednačine su realni i pozi-
tivni i predstavljaju svojstvene ili vla-
stite frekvencije sistema. Svakoju svoj-
stvenoj frekvenciji (w_i) odgovara po
jedan svojstveni vektor ($\bar{q}_i$) koji de-
finiše formu ili mod vibracija.

Standardni oblik problema svoj-
stvenih vrednosti izgleda ovako:

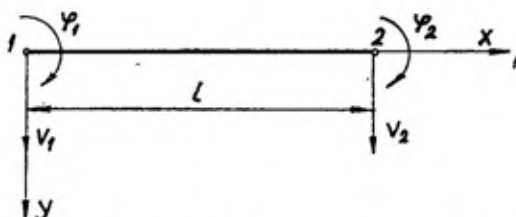
$$(A - \lambda \cdot I) \cdot Y = 0 \quad (5)$$

Ovde je A kvadratna simetrična
matrica čije se svojstvene vrednosti
određuju, a I je jedinična matrica re-
da koji odgovara redu matrice A . Vre-
dnosti λ koje zadovoljavaju jednači-
nu su svojstvene vrednosti matrice A .
One se dobijaju rešavanjem karakte-
ristične jednačine, a svojstveni vektori
uvrštavanjem dobijenih vrednosti u
relaciju (5).

Relacija (3) može se svesti na re-
laciju (5) na više načina. Kada je ma-
trica M dijagonalna (što odgovara ma-
trici koncentrisanih masa), ili u sluča-
ju konzistentne matrice masa, koristi
se postupak dekompozicije matrice
krutosti ili matrice masa i time omo-
gućava simetrisanje dinamičke matri-
ce A . Postupak dekompozicije se izvo-
di metodom Koleskog, koji je detalj-
no objašnjen u literaturi [2, 6], a is-
korišten je u realizaciji programskog
rešenja za određivanje svojstvenih ka-
rakteristika vibracija pomoću perso-
nalnog računara. Postupak je primen-
ljiv samo za regularne matrice.

Matrica krutosti i matrica mase grede

Na primeru jednostavnog konač-
nog elementa oblika grede sa 4 stepe-
na slobode, prema sl. 1, objašnjen je
postupak određivanja matrice kruto-
sti i matrice mase grede [2]:



Sl. 1 — Element grede izložen savijanju

Vektor pomaka (u) za ovaj element
ima komponente v i ϕ

$$u = [v \ \phi]^T \quad (6)$$

pa je vektor pomeranja u čvorovima
oblika:

$$q = [v_1 \phi_1 \ v_2 \phi_2]^T \quad (7)$$

Za funkciju pomaka usvaja se po-
linom oblika elastične linije

$$V = a_1 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot x^2 + a_4 \cdot x^3 \quad (8)$$

odnosno: $V = x \cdot A$ (9)
gde su matrice:

$$X = [1 \ x \ x^2 \ x^3]$$

$$A^T = [a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4]$$

Ugao nagiba elastične linije je:

$$\phi = dv/dx = a_2 + 2a_3 \cdot x + 3a_4 \cdot x^2 \quad (10)$$

Prema tome, vektor pomeranja u
čvorovima biće:

$$q = C \cdot A \quad (11)$$

gde je:

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & l & l^2 & l^3 \\ 0 & 1 & 2l & 3l^2 \end{bmatrix} \quad (12)$$

Odavde je:

$$A = C^{-1} \cdot q \quad (13)$$

$$a \text{ progib } V = X \cdot C^{-1} \cdot q \quad (14)$$

U poslednjem izrazu je:

$$N = XC^{-1} = [1 - 3\zeta^2 + 2\zeta^3 \quad X - 2l\zeta^2 + l\zeta^3 \quad 3\zeta^2 - 2\zeta^3 - l(\zeta^2 + \zeta^3)]^T \quad (15)$$

matrica interpolacionih funkcija, ($\zeta = x/l$).

Veza deformacija i progiba određena je relacijom:

$$\varepsilon = -y \cdot d^2v/dx^2 \quad (16)$$

što znači da je matrica veze deformacije i pomaka B oblika:

$$B = -y \cdot d^2N/dx^2 \quad (17)$$

Matrica krutosti materijala za gredu odgovara Jangovom modelu elastičnosti, pa se za matricu krutosti elementa, posle odgovarajućih sređivanja izraza dobija:

$$k = \frac{E \cdot I}{3} \begin{bmatrix} 12 & 6l & -12 & 6l \\ & 4l^2 & -6l & 2l^2 \\ \text{simetr.} & & 12 & -6l \\ & & & 4l^2 \end{bmatrix} \quad (18)$$

Na sličan način dobija se konzistentna matrica masa grede:

$$m = \frac{\rho \cdot F \cdot l}{420} \begin{bmatrix} 156 & 22l & 54 & -13l \\ & 4l^2 & 13l & -3l^2 \\ \text{simetr.} & & 156 & -22l \\ & & & 4l^2 \end{bmatrix} \quad (19)$$

Matrica koncentrisanih masa dobija se ravnomernom raspodelom mase elemenata u oba čvora, s tim što se mase ne dodeljuju mestima na dijagonalu koja odgovaraju uglovim pomacima

$$m = \frac{\rho \cdot F \cdot l}{2} \text{ dijag } [1 \ 0 \ 1 \ 0] \quad (20)$$

Kada se odrede matrice masa i matrice krutosti elemenata, formiranje ukupnih matrica sistema provodi se tako da se za svaki čvor sistema sabiraju podmatrice elemenata koje opisuju taj čvor.

Primer analize slobodnih vibracija cevi topa kalibra 40 mm

Cev topa kalibra 40 mm, u skladu sa njenim oblikom, modelirana je sistemom od šest konačnih elemenata u obliku grede (sl. 2).

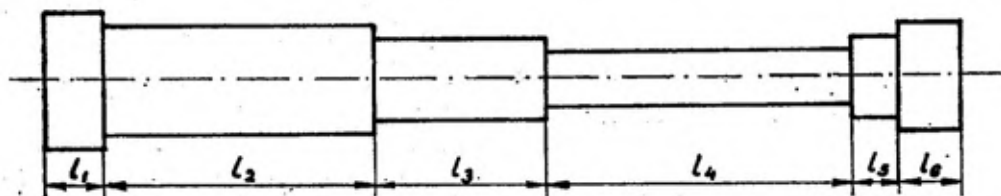
Pošto se radi o šupljim segmentima koji imaju žlebove sa unutrašnje strane vodišta projektila, pri određivanju aksijalnog momenta inercije površine uzet je prstenasti poprečni presek iste površine i istog spoljašnjeg prečnika, što je prikazano u tabeli 1.

Ostale veličine potrebne za proračun su:

— modul elastičnosti materijala

$$E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$

— gustina materijala cevi $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$.



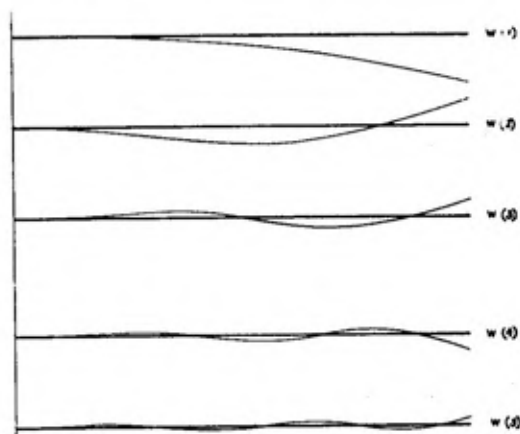
Sl. 2 — Model cevi topa kalibra 40 mm

Tabela 1

Redni broj elemenata	Dužina l (mm)	Površina preseka F (cm ²)	Momenat inercije I (cm ⁴)
1	210	139,49	2913,93
2	960	129,34	2377,95
3	500	54,73	353,33
4	1000	40,90	219,09
5	155	43,54	242,37
6	255	17,28	261,88

Za navedene polazne podatke, korištenjem programskog modela na personalnom računaru za analizu sistema grednih elemenata, proračunate su vrednosti svojstvenih frekvencija (w_i) i pripadajućih vektora pomaka (u_i), odnosno forme vibriranja cevi. Dobijene su vrednosti za dvanaest frekvencija (w_i), a zbog obima podataka u tabeli 2, dat je prikaz dobijenih rezultata koji su najznačajniji za analizu.

Prikaz odgovarajućih formi slobodnih vibracija cevi grafički je prikazan na sl. 3.



Sl. 3 — Forme vibracija cevi topa

U analizi dobijenih rezultata česta je primena relacija kojima se defini-

še veza između frekvencije (w) i perioda oscilovanja (T), odnosno učestanosti (f), a koje glase:

$$w = 2 \cdot \pi / T \text{ i } f = 1/T, \text{ odnosno } w = 2 \cdot \pi \cdot f.$$

Tabela 2

$w(1) = 117,8$ (r/s)	$w(2) = 423,3$	$w(3) = 1083,3$	$w(4) = 2229,8$	$w(5) = 5372,9$
u (1)	u (2)	u (3)	u (4)	u (5)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,0030	0,0114	-0,0108	-0,0124	-0,0182
0,0284	0,1050	-0,0951	-0,1032	-0,1844
0,0909	0,2575	-0,1237	-0,0183	0,0322
0,1427	0,3138	-0,0185	0,1955	0,1748
0,2219	0,3515	0,0517	0,1287	0,0041
0,3622	0,0142	0,5575	0,0850	-0,4027
0,7491	-0,1183	-0,0262	-0,0621	0,0742
0,6086	-0,9685	-0,8827	0,6810	0,2214
0,8437	-0,3806	-0,1708	0,0637	0,0103
0,6119	-0,9927	-0,9711	0,9154	-0,7075
1,00	-0,6352	-0,4239	0,3130	-0,1914
0,6128	-1,00	-1,00	1,00	-1,00

Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa podacima u literaturi [2, 4, 6], koja obrađuje problem slobodnih vibracija elemenata konstrukcije primenom metode MKE. S obzirom na brzinu gađanja topa kalibra 40 mm (oko 300 metaka u minuti), može se zaključiti da neće doći do pojave rezonancije, jer je brzina gađanja niža od prve svojstvene frekvencije $w(1)$.

Upoređivanjem izmerenih vrednosti [7] sa izračunatim (posebno kod nižih frekvencija) mogu se uočiti određena odstupanja. Naime, prva izračunata frekvencija $f_1 = 18,7$ Hz približno odgovara drugoj izmerenoj, koja je $f_2 = 15$ Hz. Nastala odstupanja mogu biti posledica različitih faktora, kao što su: odstupanja modela od stvarnog oblika cevi, aproksimacija progiba funkcijom oblika elastične linije, greške

u toku merenja zbog prisustva prigušenja ostalih elemenata u sklopu cevi, i dr.

Pored toga, treba imati u vidu da je cev učvršćena u zadnjaku, a nije ukleštena, kao što se teorijski pretpostavlja u modelu. Svaki od elemenata sklopa cevi ima svoje vibracije koje se mogu superponirati sa vibracijama cevi.

Prikazani model, a posebno relativno jednostavno programsko rešenje na personalnom računaru, omogućuje brzu i korektnu analizu slobodnih vibracija elemenata konstrukcije naoružanja. U tom smislu, posebno su pogodni oni elementi konstrukcije koji se mogu modelirati jednostavnim konačnim elementima, kao što su grede, štapovi ili ravne ploče sa manjim brojem stepeni slobode kretanja.

Zaključak

Problemi dinamike složenih konstrukcija, u koje nesumnjivo spada i konstrukcija naoružanja, danas se, uglavnom, rešavaju približnim metoda-

ma, od kojih je metoda MKE najčešće korištena. Metoda MKE, kao numerička metoda, u odnosu na druge ima mnoge prednosti. Pre svega, lako je prilagodljiva varijabilnostima konstruktivnih karakteristika (obliku, dimenzijama, anizotropiji materijala, i dr.), matematički je relativno jednostavna i pomoću nje se može postići relativno velika tačnost proračuna.

Klasične metode proračuna u inženjerskoj praksi za probleme dinamičke analize, posebno u vreme značajne informatičke podrške i opreme kojom se raspolaže, danas su veoma ograničene, a često nepouzdanе i nedovoljne.

U radu je prikazana jedna od mogućnosti primene metode MKE u analizi slobodnih vibracija cevi sa prepoznatljivim i relativno jednostavnim elementima oblika grede. Uvođenjem novih konačnih elemenata složenijeg oblika, ili njihovom kombinacijom, preko matrice prigušenja i analiza prigušenih vibracija elemenata konstrukcije mogu se znatno proširiti mogućnosti primene ove metode.

Literatura:

- [1] Mijalović, G.: Dinamička analiza konstrukcija primenom metode konačnih elemenata, CVTS Zagreb, 1990.
- [2] Sekulović, M.: Metod konačnih elemenata, GK Beograd, 1988.
- [3] Brčić, V.: Dinamika konstrukcija, GK Beograd, 1981.
- [4] Hartog, D.: Vibracije u mašinstvu, GK Beograd, 1972.

- [5] Kojić, M. i dr.: Teorija oscilacija, NK Beograd, 1988.

- [6] Meirovitch, L.J.: Elements of vibration analysis, MC GRAW-Hill Book Company, Singapore 1986.

- [7] Goronja, B.: Eksperimentalno određivanje vibracionih karakteristika PAV topa 40 mm L/70, CVTS Zagreb, 1986.

Uvod

Za ostvarivanje većeg dometa, sa spoljnobalističkog stanovišta, neophodno je smanjenje ukupnog otpora projektila u toku leta. Ukupni otpor projektila može se smanjiti optimizacijom njegovih dimenzija i oblika.

Na osnovu ranije analize uticaja koeficijenta otpora vrha projektila [9], razmatraće se strujanje u graničnom sloju i uticaj koeficijenta otpora trenja na ukupni aerodinamički koeficijent.

Ukupni aerodinamički koeficijent otpora iznosi:

$$C_{DO} = C_{DH} + C_{DSF} + C_{DBND} + C_{DBT} + C_{DB}$$

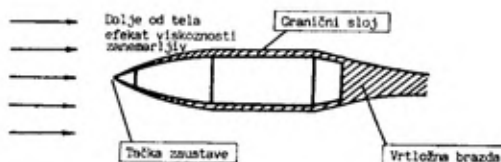
gde je:

- C_{DH} — koeficijent otpora vrha projektila,
- C_{DSF} — koeficijent otpora trenja,
- C_{DBND} — koeficijent otpora vodećeg prstena,
- C_{DBT} — koeficijent otpora zadnjeg konusa,
- C_{DB} — koeficijent otpora dna projektila.

Vazduh se odlikuje malom viskoznošću, pa će u neposrednoj blizini čvrste površine projektila imati istu brzinu, ali suprotan smer kretanja kao i čvrsta površina. Viskozne sile mogu se zanemariti u celom strujnom polju, osim u neposrednoj blizini površine projektila, gde se formira tanak granični sloj u kojem one imaju značajnu ulogu.

Ovakvu podelu strujanja dao je Prandtl. Ona predstavlja pojednostavljenje problema, tako da daje mogućnost dobijanja rešenja do kojih klasična dinamika idealnog fluida ne može doći. Na sl. 1, šematski je prikazana podela strujnog polja.

Ukupna aerodinamička sila predstavlja se kao suma elementarnih sila



Sl. 1 — Šematski prikaz podele strujnog polja

kojima vazduh deluje na površinu. To su sile pritiska koji deluje normalno na površinu i sile trenja koje deluju tangencijalno na površinu.

Ukupna sila trenja, koja se javlja u graničnom sloju na površini projektila izražava se preko bezdimenzijskog koeficijenta trenja C_t . Vektori brzine van graničnog sloja su mali ili približno jednaki nuli, pa se sile trenja van graničnog sloja mogu zanemariti. Strujanje van graničnog sloja može se smatrati bezvrtložnim ili potencijalnim strujanjem idealnog fluida. Unutar graničnog sloja, zbog postojanja različitih brzina između dve čestice vazduha i tangencijalnog napona, strujanje je vrtložno.

Jednačina graničnog sloja

Ravansko strujanje stišljivog fluida biće analizirano po zakrivljenoj površini [1].

Zamenom veličina

$$\text{div} \mathbf{V} = \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} \neq 0$$

$$\epsilon_x = \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{\partial V_x}{\partial y} + \frac{\partial V_y}{\partial x} \right]$$

što predstavlja brzinu deformacije delića vazduha,

$$\frac{\partial V_x}{\partial t} = \frac{\partial V_y}{\partial t} = 0$$

što predstavlja lokalnu promenu brzine, pa je konvektivna brzina za strujanje viskoznog fluida definisana Navier-Stoksovim jednačinama;

dobija se:

$$V_x \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial V_x}{\partial y} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \mu \cdot \left[2 \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} \right. \right.$$

$$\left. \left. \cdot \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} \right) \right] \right\} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{1}{\partial y} \cdot \left[\left(\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} \right) \right]$$

$$V_x \cdot \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial V_y}{\partial y} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \mu \cdot \left[2 \cdot \frac{\partial V_y}{\partial y} \right. \right.$$

$$\left. \left. \cdot \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} \right) \right] \right\} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left[\mu \cdot \left(\frac{\partial V_x}{\partial y} + \frac{\partial V_y}{\partial x} \right) \right] \quad (2)$$

gde je:

μ — dinamički koeficijent otpora (dinamički viskozitet),

p — pritisak u graničnom sloju.

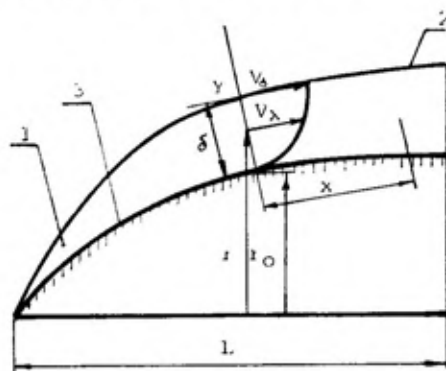
Posmatranjem strujanja fluida malog viskoziteta, $\nu = \mu/\rho$, i na osnovu jednačine (2) može se zaključiti da je viskozitet bitna komponenta strujnog toka. Male vrednosti ν dopuštaju česticama vazduha, koje se nalaze u graničnom sloju, da postignu velike vrednosti brzine. Zbog toga proizvod viskoznosti i brzine dobija na značaju.

U slobodnom strujnom toku, po dalje od graničnog sloja, uticaj kočenja čestica nastalog delovanjem sile trenja nije veliki, pa su i promene brzina u pravcima datim izvodima $\partial V_x / \partial x$ i $\partial V_x / \partial y$ veoma male. Pošto su množitelji koeficijenta ν mali možemo ih zanemariti, ako se uzme u obzir uticaj sile trenja u jednačini (2), i da se slobodni tok dalje od graničnog sloja može razmatrati na osnovu Ojlerove jednačine idealnog toka. Posmatranjem strujnog toka bliže površini projektila povećava se uticaj viskoziteta na promenu brzine strujanja, pa izrazi u kojima figurira ν ne mogu biti zanemareni. Jednačina (2) može se koristiti za izračunavanje viskoznog

strujnog toka. Ovaj zaključak predstavlja prvu tačku teorije o graničnom sloju.

Druga tačka sadrži mogućnost uproščavanja jednačine (2) kada je debljina razmatranog graničnog sloja δ . Pri razmatranju graničnog sloja globalni koordinatni sistem se postavlja na vrh projektila, sa x-osom usmerenom duž ose projektila i y-osom normalnom na x-osu. Lokalni koordinatni sistem postavlja se tako da je x-osa tangenta na površinu u posmatranoj tački, a x-osa normalna na tu površinu.

Pretpostavlja se da je debljina graničnog sloja δ mala, u odnosu na karakterističnu dužinu opstrujavanja L , kako je prikazano na sl. 2. Za koordi-



Sl. 2 — Dijagram graničnog sloja
1 — granični sloj, 2 — granica sloja,
3 — krivolinijska opstrujavana površina

natu y u graničnom sloju važi relacija $0 < y < \delta$, tako da su y i δ u istoj klasi važnosti. Koordinata x definiše udaljenost duž graničnog sloja, a njen red veličina je $x \approx L$. Brzina na granici graničnog sloja ima vrednost V_δ . Brzina bilo koje tačke u graničnom sloju, na udaljenosti y , imaće vrednost $V_x \approx V_\delta$. Veličina komponente V_y odrediće se na osnovu [1], odakle sledi:

$$V_y \approx \frac{1}{\rho} \cdot \int_0^\delta \frac{\partial(\rho V_x)}{\partial x} dy$$

Pretpostavlja se da je gustina ρ jednaka ρ_δ na granici graničnog sloja. Da bi se odredila veličina izvoda $\partial(\rho V_x)/\partial x$ koristiće se sledeće pretpostavke:

— opstrujavana površina je dužine L ,

— vrednost ρV_x može varirati od 0, na samoj površini, do $\rho_\delta V_\delta$ na granici graničnog sloja gde je $\Delta(\rho V_x) \approx \rho_\delta V_\delta$,

— vrednost $\Delta x \approx L$.

tako da se dobija:

$$\frac{\partial(\rho V_x)}{\partial x} \approx \frac{\rho_\delta \cdot V_\delta}{L} \quad (3)$$

$$V_y \approx \frac{1}{\rho_\delta \cdot L} \cdot \rho_\delta \cdot V_\delta \cdot \delta = \frac{V_\delta \cdot \delta}{L} \quad (4)$$

Vrednost izvoda u jednačini (2) određuje se analogno jednačini (3):

$$\begin{aligned} \frac{\partial V_x}{\partial x} &\approx \frac{V_\delta}{L} \\ \frac{\partial V_y}{\partial x} &\approx \frac{V_\delta \cdot \delta}{L} \cdot \frac{1}{L} = \frac{V_\delta \cdot \delta}{L^2} \end{aligned} \quad (5)$$

Prema tome, vrednosti na levoj strani jednačine (2) biće:

$$\begin{aligned} V_x \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} &\approx V_\delta \cdot \frac{V_\delta}{L} = \frac{V_\delta^2}{L} \\ V_y \cdot \frac{\partial V_x}{\partial y} &\approx V_\delta \cdot \frac{\delta}{L} \cdot \frac{V_\delta}{\delta} = \frac{V_\delta^2}{L} \end{aligned} \quad (6)$$

U jednačini (6) uočljivo je da oba izraza imaju iste vrednosti na desnoj strani.

Za izraze na desnoj strani jednačine (2), koja uzima u obzir silu trenja, važe sledeće relacije:

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\mu \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} \right) \approx \frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{V_\delta}{L^2} \quad (I)$$

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \cdot \left(\mu \cdot \frac{\partial V_x}{\partial y} \right) \approx \frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{V_\delta}{\delta^2} \quad (\text{II})$$

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\mu \cdot \frac{\partial V_y}{\partial x} \right) \approx \frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{V_\delta}{L^2} \quad (\text{III})$$

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \cdot \left(\mu \cdot \frac{\partial V_y}{\partial x} \right) \approx \frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{V_\delta}{L^2} \quad (\text{IV})$$

(7)

Kako je $\delta \ll L$, na osnovu jednačine (7), može se zaključiti da I, III i IV izraz imaju iste vrednosti koje su vrlo male pa mogu biti zanemarene u poređenju sa vrednošću izraza III.

Vrednost izraza $(1/\rho) \cdot dp/dx$, definisana je Bernulijevom jednačinom [1]. Zbog malog uticaja zapreminskih sila na gasovite materije, zanemariće se potencijal zapreminskih sila U.

Diferencijal opšteg slučaja kretanja iznosi:

$$\left(\frac{1}{\rho} \right) \cdot \frac{dp}{dx} = -V \frac{dV}{dx}$$

što predstavlja kvazijednodimenzionalnu Ojlerovu jednačinu strujanja idealnog stišljivog fluida;

ili

$$V dV = \frac{dp}{\rho}$$

što predstavlja kvazijednodimenzionalnu Ojlerovu jednačinu strujanja idealnog stišljivog fluida za jediničnu dužinu;

odakle sledi da je:

$$\left(\frac{1}{\rho} \right) \cdot \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{V_\delta^2}{L}$$

Kada na strujni tok utiče viskozitet, ovaj izraz dobija sledeći oblik:

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \cdot \left(\mu \cdot \frac{\partial V_x}{\partial y} \right) \approx \frac{V_\delta^2}{L} \quad (8)$$

Na osnovu prethodnog pojednostavljenja, umesto jednačine (2) dobija se Prandtlova jednačina:

$$V_x \cdot \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial V_y}{\partial y} = - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p_\delta}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \cdot \left(\mu \cdot \frac{\partial V_x}{\partial y} \right) \quad (9)$$

Na osnovu druge jednačine (2), i definisanja vrednosti izraza slično kao kod prve jednačine (2), dobija se:

$$\begin{aligned} V_x \cdot \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial V_y}{\partial y} = & - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} + \\ & \frac{V_\delta^2 \delta / L^2}{(\mu/\rho) \cdot V_\delta / (L \cdot \delta)} + \\ & + \frac{4}{3\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \cdot \left(\mu \cdot \frac{\partial V_y}{\partial y} \right) - \\ & - \frac{2}{3\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \cdot \left(\mu \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} \right) + \\ & + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\mu \cdot \frac{\partial V_x}{\partial y} \right) + \\ & + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\mu \cdot \frac{\partial V_y}{\partial x} \right) \end{aligned} \quad (10)$$

Poslednji izraz na desnoj strani jednačine (10) može biti zanemaren zbog toga što ima najmanju vrednost u poređenju sa ostalim izrazima u (10). Za kompletnu analizu mora se uzeti u obzir viskozitet $\nu = \mu/\rho$. Ostali izrazi se analiziraju iz relacije (8). Vrednost umnoška na levoj strani definisana je drugim izrazom (7), odakle sledi:

$$(\mu/\rho) \cdot \frac{V_\delta}{\delta^2} = V_\delta^2 \cdot L$$

odakle vrednost kinematskog viskoziteta iznosi:

$$\frac{\mu}{\rho} = \nu \approx \frac{V_{\delta} \cdot \delta^2}{L} \quad (11)$$

Kao rezultat dobija se vrednost izraza na desnoj strani jednačine (10), koja obuhvata viskozitet, tako da glasi:

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right) \cdot \frac{V_{\delta}}{L \cdot \delta} \approx \left(\frac{V_{\delta} \delta^2}{L}\right) \cdot \frac{V_{\delta}}{L \cdot \delta} = \frac{V_{\delta}^2}{L^2} \quad (12)$$

Umnožak $(1/\rho) \partial p / \partial y$ u jednačini ima konstantnu vrednost. Vrednosti $\partial p / \partial y$ i $\partial p / \partial x$ definisane su na δ/L , tj. na osnovu gradijenta $\partial p / \partial y \ll \partial p / \partial x$. Prema tome, druga jednačina sistema (2) može se zameniti jednačinom:

$$\frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad (13)$$

Na osnovu ovog izraza pritisak na granični sloj ostalog dela vazduha koji deluje normalno na zid ne menja se i ne izjednačava sa pritiskom p_{δ} na granici graničnog sloja.

Može se zaključiti da granični sloj ne utiče na raspodelu pritiska, a rezultat toga je hipoteza o teoriji graničnog sloja, odnosno odsustvu uticaja graničnog sloja na slobodni tok fluida.

Prema navedenoj hipotezi, raspodela pritiska po površini tela u strujnom toku, pri postojanju graničnog sloja, može se izračunati pomoću Ojlerove jednačine za idealni fluid. Pritisak se može izračunati iz uprošćene jednačine (9), koja predstavlja osnovnu jednačinu u teoriji graničnog sloja, i naziva se Prandtlova jednačina. Prime na Ojlerove i Prandtlove jednačine je moguća, uz uslov da je debljina graničnog sloja mala, u poređenju sa dimenzijama tela u strujnom toku, pa se hipoteza o odsustvu uticaja graničnog sloja na slobodni tok fluida može primeniti. Pri velikim odstojanjima od po-

vršine i većim zadebljanjima graničnog sloja, ova hipoteza se ne može primeniti. Proračun strujnog toka se tada vrši pomoću jednačine (2).

Prandtlova jednačina (9) sadrži dinamički viskozitet μ koji je u funkciji pritiska i temperature. Za dati poprečni presek graničnog sloja, koji je karakterisan konstantnim pritiskom p_{δ} , vrednost μ varira duž zadebljanog graničnog sloja u zavisnosti od temperature. Da bi se definisale vrednosti μ i ρ mora se znati funkcija temperature T_y . Za definisanje ove funkcije neophodna je jednačina energije, koja može biti uprošćena kao i jednačina (2) [1]. Koristiće se jednačina oblika:

$$\rho \cdot V_x \cdot \frac{\partial i_0}{\partial x} + \rho \cdot V_y \cdot \frac{\partial i_0}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left[\left(\frac{\mu}{Pr}\right) \cdot \frac{\partial i_0}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\mu}{2} \cdot \left(1 - \frac{1}{Pr}\right) \cdot \frac{\partial V_x^2}{\partial y} \right]$$

Za vrednost $Pr=1$ dobija se sledeći oblik jednačine:

$$\rho \cdot V_x \cdot \frac{\partial i_0}{\partial x} + \rho \cdot V_y \cdot \frac{\partial i_0}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \cdot \frac{\partial i_0}{\partial y} \right)$$

Jedan od mogućih integrala prethodne jednačine, za slučaj kada je entalpija $i_0 = \text{const}$, iznosi:

$$i_0 = i + \frac{V^2}{2} = \text{const.} \quad (14)$$

Ova jednačina važi za slučaj toplotno izolovane površine, kad ne postoji prenošenje toplote na zid. Na osnovu vrednosti $i = C_p \cdot T$ i diferenciranja jednačine (14) dobija se:

$$C_p = \frac{\partial T}{\partial y} + V_x \cdot \frac{\partial V_x}{\partial y} = 0$$

gde je C_p — specifična toplota pri $p = \text{const}$.

Za vrednost $y \rightarrow 0$, brzina $V_x \rightarrow 0$. Tada je očigledno da nema promene temperature i da izvod $dT/dy \rightarrow 0$, odnosno da je $T = \text{const.}$, što znači da nema prenošenja toplote na opstrujavani zid. Umesto složene jednačine koristi se uprošćena jednačina (14). Ovakav oblik jednačine energije ne slaže se potpuno sa pravom prirodom kretanja viskozno gasa u graničnom sloju pa se izvode aproksimirane vrednosti parametara koji definišu kretanje. Dobijeni rezultati prihvatljivi su za proračune trenja po opstrujavanoj površini. Prandtlova jednačina, kao i jednačina stanja i energije, čine sistem jednačina viskozno graničnog sloja koji glasi:

$$V_x \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial V_x}{\partial y} = - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dp_\delta}{dx} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \cdot \frac{\partial V_x}{\partial y} \right) \cdot \frac{\partial(V_x \rho)}{\partial x} + \frac{\partial(V_y \rho)}{\partial y} \neq 0 \quad (15)$$

$$p_\delta = \rho \cdot R \cdot T$$

$$i + \frac{V_x^2}{2} = i_0$$

Vrednost pritiska »p« zamenjuje se sa »p_δ«, saglasno jednačini (13). U jednačini energije trenutna vrednost entalpije je $i = C_p \cdot T$, a stagnacija entalpije je $i_0 = C_p \cdot T_0$. Dobijeni sistem jednačina pogodan je za razmatranje laminarnog graničnog sloja, pri čemu je neophodno prilagoditi granične uslove na površini tela u strujnom toku i uslove trenutnog prenosa parametara graničnog sloja na njegovoj granici. Granični uslovi za brzinu su:

$$\begin{aligned} V_x = V_y = 0 \text{ za } y = 0 \\ V_x = V_\delta(x) \text{ za } y = \delta \end{aligned} \quad (16)$$

Gustina i temperatura u sistemu jednačina (15) mogu biti izraženi vrednostima brzine na graničnom sloju. Na osnovu jednačine (14) dobija se:

$$C_p \cdot T + \frac{V_x^2}{2} = C_p \cdot T_0 \quad (17)$$

$$T = T_0 \cdot \left(1 - \frac{V_x^2}{V_{\max}^2} \right) = T_0 \cdot \left[1 - \frac{V_x^2}{C_0^2} \cdot (x-1) \right] = T_0 [1 - M_x^2 \cdot (x-1)] \quad (18)$$

gde je:

T — normalna temperatura u slobodnoj struji fluida,

C_0 — brzina zvuka,

M_x — lokalna vrednost Mahovog broja,

x — koeficijent adijabate.

Koristeći jednačinu stanja $p = \rho \cdot R \cdot T$, u kojoj je pritisak p za granični sloj uzet kao p_δ na granici graničnog sloja, dobija se izraz za gustinu:

$$\rho = \frac{p_\delta}{R \cdot T} = \frac{p_\delta}{R \cdot T_0} \left(1 - \frac{V_x^2}{V_{\max}^2} \right)^{-1} \quad (19)$$

Početna temperatura je

$$T_0 = T_\delta \cdot \left(1 - \frac{V_\delta^2}{V_{\max}^2} \right)^{-1} \quad (20)$$

Gustina na granici graničnog sloja je:

$$\rho_\delta = \frac{p_\delta}{R \cdot T} = \rho_0 \cdot \left(1 - \frac{V_\delta^2}{V_{\max}^2} \right)^{1/(x-1)} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \rho &= \rho_\delta \cdot \left(1 - \frac{V_\delta^2}{V_{\max}^2} \right) \cdot \left(1 - \frac{V_x^2}{V_{\max}^2} \right)^{-1} = \\ &= \rho_0 \cdot \left(1 - \frac{V_\delta^2}{V_{\max}^2} \right)^{x/(x-1)} \cdot \left(1 - \frac{V_x^2}{V_{\max}^2} \right)^{-1} \end{aligned} \quad (22)$$

Na osnovu dobijenih jednačina mogu se izračunati parametri graničnog sloja, a da se pri tome ne anali-

ziraju fizičko-hemijske promene do kojih dolazi pri velikim brzinama strujanja. Gas u graničnom sloju tada dostiže veoma visoke temperature. Ove jednačine izražavaju realne vrednosti brzina u slučaju kada temperatura u graničnom sloju ne dostiže velike vrednosti. Smanjenjem brzine strujanja smanjuje se uticaj stišljivosti i zagrevanja gasa u graničnom sloju. Za nestišljivo dvodimenzionalno ravansko strujanje granični sloj ima oblik:

$$V_x \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial V_y}{\partial y} = - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dp_\delta}{dx} + v \cdot \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2}$$

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} \neq 0$$

$$\frac{V_\delta^2}{2} + \frac{p_\delta}{\rho_\delta} = \text{const.} \quad (23)$$

Ove jednačine su rešene za granične uslove koji su dati u izrazu (16).

Debljina laminarnog graničnog sloja za dvodimenzionalno strujno polje iznosi [1, 2, 3]:

$$\delta_L = \frac{5,4 \cdot x}{\sqrt{\text{Re}}} \quad (24)$$

Debljina turbulentnog graničnog sloja iznosi:

$$\delta_T = \frac{0,37 \cdot x}{\text{Re}_x^{0,2}} \quad (25)$$

gde je:

x — odstojanje od vrha projektila do tačke ispitivanja,

Re_x — Reynoldsov broj proračunat za udaljenost x .

Brzina u laminarnom graničnom sloju data je »Grocco formulom«:

$$V = \frac{V_\infty \cdot y}{\delta_L} \cdot \left(2 - \frac{y}{\delta_L}\right) \quad (26)$$

a u turbulentnom graničnom sloju je:

$$V = V_\infty \cdot \left(\frac{y}{\delta_T}\right)^{1/7} \quad (27)$$

Promena brzine dominantno utiče na promenu gustine u graničnom sloju koja iznosi:

$$\rho_y(V) = \rho_0 \cdot \left(1 - \frac{x-1}{2} \cdot \frac{V^2}{c^2}\right)^{1/x-1} \quad (28)$$

Uticaj temperature na gustinu u graničnom sloju može se prikazati formulom:

$$\rho_y(T) = \rho_0 \cdot \left(1 - \frac{T_y + T}{T}\right) \quad (29)$$

gde je:

y — koordinata posmatrane tačke,

$\rho_y(V)$ — funkcionalna zavisnost gustine od brzine, u posmatranoj tački,

$\rho_y(T)$ — funkcionalna zavisnost gustine od temperature u posmatranoj tački,

T_y — temperatura u tački sa koordinatom y ,

T — normalna temperatura u slobodnoj struji.

Vrednost T_y razlikuje se za laminarni i turbulentni granični sloj. Za laminarni granični sloj iznosi:

$$T_{LY} = T + 0,88 \cdot \frac{V_y^2}{2 \cdot C_p} \quad (30)$$

Za turbulentni granični sloj iznosi:

$$T_{TY} = T + 0,92 \cdot \frac{V_y^2}{2 \cdot C_p} \quad (31)$$

Uticaj promene brzine i temperature na gustinu suprotnog su predznaka, tako da stvarna gustina u tački sa koordinatom y iznosi:

$$\rho_y = \rho_y(V) - \rho_y(T) \quad (32)$$

Laminarni i turbulentni granični sloj

Kada je granični sloj formiran tako da između pojedinih slojeva različitih brzina nema razmene čestica vazduha većih od molekula, naziva se laminarni granični sloj. Slojevi vazduha imaju različite brzine, ali zbog malih razlika oni ostaju skoro paralelni sa graničnom površinom. Koeficijent površinskog trenja ravne ploče za laminarni granični sloj, u slučaju ravninskog strujanja nestišljivog fluida, dao je Blazius u obliku:

$$C_f = \frac{1,328}{\sqrt{Re}} \quad (33)$$

Laminarni granični sloj je relativno tanak sa ograničenom razmenom mase između slojeva. Brzine u njemu su relativno male u blizini površine projektila, kao i površinsko trenje.

Turbulentni granični sloj je znatno deblji i sa većom razmenom mase između slojeva. Brzine u blizini površine projektila znatno su veće, kao i površinsko trenje. Koeficijent površinskog trenja za turbulentni granični sloj iznosi:

$$C_f = \frac{0,072}{\sqrt{Re}} \quad (34)$$

Iz navedenog izraza može se zaključiti da koeficijent otpora trenja C_f opada sa porastom Re-broja. Eksperimenti pokazuju da se umesto izraza za $Re < 10^5$ može upotrebiti obrazac:

$$C_f = \frac{0,074}{\sqrt{Re}} \quad (35)$$

Za područje $10^6 < Re < 10^9$ može se upotrebiti Shlihtingova empirijska formula, koja je dobijena na bazi teorijskih rezultata Karmana, za turbulentni granični sloj i glasi:

$$C_f = \frac{0,455}{(\log Re)^{2,58}} \quad (36)$$

Na osnovu eksperimentalnih rezultata, Prandtl je dao obrazac pogodan za numeričko računanje koji je modifikovan i glasi:

$$C_f = \frac{0,472}{(\log Re)^{2,58}} \quad (37)$$

Postoji i određen broj empirijskih obrazaca za određivanje C_f u funkciji Re-broja. Takav jedan je Falknerov obrazac kojim se dobijaju tačniji rezultati:

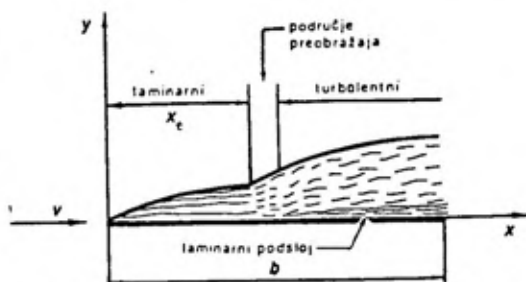
$$C_f = \frac{0,0306}{\sqrt[7]{Re}} \quad (38)$$

Može se zaključiti da od dužine opstrujavane površine, brzine strujanja i kinematske viskoznosti zavisi:

- debljina graničnog sloja,
- karakter strujanja u graničnom sloju,
- koeficijent otpora.

Kod malih Re-brojeva granični sloj za ravnu ploču biće najvećim delom laminaran. Kod velikih Re-brojeva najveći deo ploče biće u turbulentnom graničnom sloju (sl. 3). U granicama $10^5 < Re < 5 \cdot 10^6$ granični sloj je na početku ploče laminaran, a zatim turbulentan.

Dužina apscise na prelazu sa laminarnog u turbulentno strujanje je x_c . Prandtl je pretpostavio da je prelazak



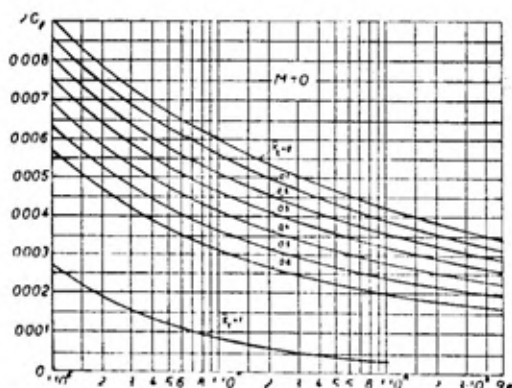
Sl. 3 — Laminarno-turbulentni granični sloj pri strujanju oko ravne ploče

iz laminarnog u turbulentni granični sloj trenutno i da je od veličine x_t turbulentni granični sloj isti kao da je imao početak u tački $x_t=0$.

Koeficijent trenja za laminarno-turbulentni granični sloj iznosi:

$$C_f = \frac{1,328}{\sqrt{Re}} \cdot \sqrt{x_t} + \frac{0,455}{(\log Re)^{2,58}} \cdot (1 - x_t)^{4/5} \quad (39)$$

Dijagram $C_f(Re, x_t)$, dobijen pomoću formule (36), prikazan je na sl. 4 [1].



Sl. 4 — Dijagram $C_f = f(Re, x_t)$

Formula (36) daje dovoljno tačne rezultate. U praksi su česta strujanja koje karakteriše velika vrednost Re -broja, pa je cela ravna površina prekrivena turbulentnim graničnim slojem, počevši od $x_t=0$.

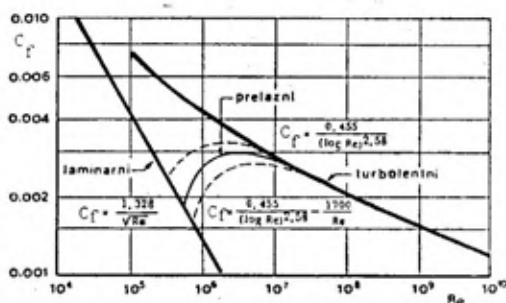
Prandtl je eksperimentom dobio novi obrazac koji glasi:

$$C_f = \frac{0,455}{(\log Re)^{2,58}} - \frac{K}{Re} \quad (40)$$

gde je K — relativna hrapavost.

Na sl. 5 prikazane su razne vrednosti C_f za prelazno područje, laminarni i turbulentni granični sloj koji zavi-

si od glatkoće ploče i stepena turbulencije. Podaci potiču od Van Driesta.



Sl. 5 Zavisnost $C_f = f(Re)$

Vrednost $K = Re(C_{ft} - C_{fl})$ je za glatku ploču u dijapazonu $300 < K < 1800$. Pri većoj hrapavosti K opada do 300. Iz jednačine (36) vidi se da, pri velikim Re -brojevima, drugi izraz u toj jednačini teži nuli, a vrednost za C_f se približava onoj koja važi za turbulentni granični sloj za celu ploču. Ako se upotrebi Falknerov obrazac (35), jednačina se može napisati u sledećem obliku:

$$C_f = \frac{0,0306}{\sqrt{Re}} - \frac{1700}{Re} \quad (41)$$

Reynoldsov broj, kod kojeg laminarni granični sloj prelazi u turbulentni, zove se kritični Reynoldsov broj. Može se zaključiti da laminarni granični sloj ima manji otpor površinskog trenja od turbulentnog kod istog Re -broja, pa je poželjno održati laminarni granični sloj na što većoj dužini opstrujavane površine.

Analiza graničnog sloja pokazuje da na njega utiču:

- brzina opstrujavanja,
- dužina opstrujavane površine,
- kinematska viskoznost,
- hrapavost površine,
- gradijent pritiska,
- zakrivljenost površine,

- turbulencija,
- temperatura površine,
- stišljivost.

Pri analizi uticaja navedenih faktora na granični sloj koeficijent trenja je korigovan koeficijentima korekcije [2, 7].

Koeficijent otpora trenja za klasični projektil

Koeficijent otpora trenja određuje se prema izrazu [2]:

$$C_{DSF} = C_f \cdot \left(\sqrt{\lambda_p^2 + 0,25 + 4 \cdot \lambda_c + 2 \cdot \left(1 + \frac{d_d}{d}\right) \cdot \sqrt{\lambda_k^2 + 0,25 \cdot \left(1 - \frac{d_d}{d}\right)^2}} \right) \quad (42)$$

gde je:

- λ_p — vitkost prednjeg dela projektila,
- λ_c — vitkost cilindričnog dela projektila,
- λ_k — vitkost zadnjeg konusa,
- C_f — koeficijent trenja graničnog sloja dat izrazom (36),
- d — kalibar projektila,
- d_d — prečnik dna projektila.

Reynoldsov broj strujanja Re dat je izrazom:

$$Re = \frac{340,4 \cdot M \cdot l}{\nu}$$

gde je:

- M — Mahov broj,
- l — ukupna dužina projektila,
- ν — koeficijent kinematske viskoznosti dat izrazom (11),

gde je:

$\mu = 2,436 \cdot \sin(0,001455 \cdot T_{sr})$ — koeficijent dinamičke viskoznosti,

$T_{sr} = T + 0,22 \cdot (T_R - T)$ — prosečna temperatura,

$T_R = T \cdot (1 + 0,18 \cdot M^2)$ — ravnotežna temperatura za turbulentni granični sloj,

gde je:

T — temperatura u normalnim uslovima.

Koeficijent otpora trenja može se izračunati na osnovu programa MC DRAG [4, 7], prema formuli:

$$C_{DSF} = \frac{C_{DFL} \cdot S_{WN} + C_{DFT} \cdot S_{WCYL}}{S_W} \quad (43)$$

gde je, za turbulentni granični sloj, vrednost $C_{FL} = C_{FT}$

$$C_{DSF} = \frac{4}{\pi} \cdot C_{FL} \cdot S_W \quad (44)$$

Za laminarni granični sloj izvršena je korekcija obrasca po Blaziusu, tako da glasi:

$$C_{FL} = \frac{1,328}{\sqrt{Re}} \cdot (1 + 0,12 \cdot M^2)^{-0,12} \quad (45)$$

Ukupna opstrujavana površina data je izrazom:

$$S_W = S_{WN} + S_{WCYL}$$

gde je:

S_{WN} — površina vrha projektila,

$$S_{WN} = \frac{\pi}{2} \cdot l_N \left[1 + \frac{1}{8 \cdot l_N^2} \right] \cdot \left[1 + \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{50 \cdot l_N^2} \right) \cdot \left(\frac{R_T}{R} \right) \right]$$

S_{WCYL} — površina cilindričnog dela projektila,

$$S_{WCYL} = \pi \cdot (l_T - l_N)$$

l_N — dužina prednjeg dela projektila,

l_T — dužina projektila,

$\frac{R_T}{R}$ — odnos prečnika.

Prandtl je empirijsku formulu Shlihtinga za turbulentni granični sloj korrigovao i ona glasi:

$$C_{fr} = \frac{0,455}{(\log Re)^{2,58}} \cdot (1 + 0,21 \cdot M^2 \infty) \quad (46)$$

Schlichting je potvrdio veliku podudarnost Prandtlove empirijske formule i rezultata do kojih je došao Van Driest.

Za temperaturu $t = 15^\circ$, $\mu = 1,7894 \cdot 10^{-3}$ Pas i $\rho = 1,225$ kg/m³ vrednost Reynoldsovog broja je $Re = 23296 \cdot \mu \cdot l_T \cdot d_{REF}$.

Pregled korišćenih oznaka

Dimenzije hipotetičkog projektila 122 mm date su u [9].

Konstrukcioni parametri hipotetičkog projektila 152 mm, upotrebljeni kao ulazne veličine pri proračunu klasičnom i poluempirijskom metodom MC DRAG prikazani na sl. 6 su:

DREF = 152 mm — referentni kalibra projektila,

LT = 5,596 — dužina projektila u kalibrima,

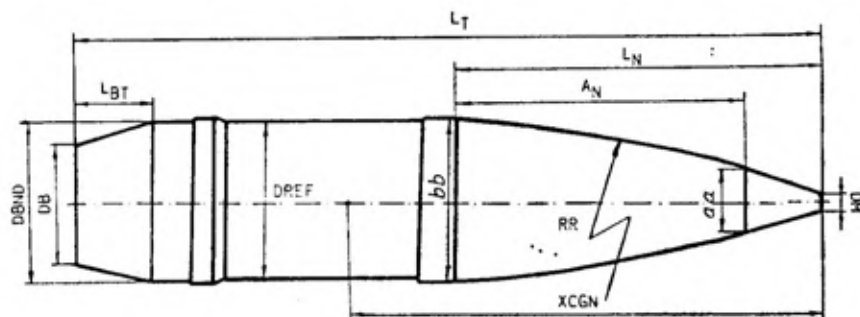
LN = 3,066 — dužina prednjeg dela u kalibrima,

RTR = 0,28095 — odnos prečnika RT/R.

M	C _{DSF}	C _{DO}	C _{DSF} /C _{DO} %
0,6	0,038	0,1421	26,7
0,7	0,037	0,1449	25,5
0,8	0,037	0,1510	24,5
0,9	0,036	0,1762	20,4
1,0	0,036	0,2721	13,3
1,1	0,035	0,3189	11,0
1,2	0,035	0,3221	10,9
1,3	0,034	0,3198	10,6
1,4	0,034	0,3115	10,9
1,5	0,034	0,3022	11,3
1,6	0,034	0,2951	11,5
1,7	0,033	0,2880	11,5
1,8	0,033	0,2811	11,7
1,9	0,033	0,2755	12,0
2,0	0,033	0,2700	12,3
2,1	0,033	0,2649	12,5
2,2	0,033	0,2591	12,7
2,3	0,033	0,2535	13,0
2,4	0,033	0,2495	13,2
2,5	0,033	0,2449	13,5
2,6	0,033	0,2415	13,7
2,7	0,033	0,2382	13,9
2,8	0,033	0,2362	14,0
2,9	0,033	0,2341	14,1
3,0	0,033	0,2330	14,2

LBT = 0,625 — dužina zadnjeg konusa u kalibrima,

DB = 0,842 — prečnik baze u kalibrima,



Sl. 6 — Dimenzije projektila

DM = 0,08947 — prečnik zatupljenja prednjeg dela u kalibrima,

DBND = 1,0223 — prečnik vodećeg prstena u kalibrima,

XCGN = 3,398 — odstojanje težišta projektila od vrha u kalibrima.

Analiza dobijenih rezultata

U tabeli 1. prikazane su vrednosti $C_{DSF}=f(M)$, $C_{Do}=f(M)$ i odnos C_{DSF}/C_{Do} za različite Mahove brojeve, dobijene proračunom klasičnom metodom na osnovu [2, 6] i formule (42), za hipotetički projektil 152 mm.

U tabeli 2 prikazane su uporedne vrednosti aerodinamičkog koeficijenta C_{Do} , C_{DSF} i C_{DSF}/C_{Do} u funkciji Mahovog

Aerodinamički koeficijent trenja zavisi od dimenzija i oblika projektila. Međutim, interesantno je uporediti procentualni udeo učešća koeficijenta otpora trenja u ukupnom aerodinamičkom koeficijentu otpora, za različite kalibre.

Za veće dimenzije projektila veći je aerodinamički koeficijent trenja. Za projektil 152 mm pri različitim brzinama javlja se promenljiva vrednost C_{DSF} .

Najveću vrednost C_{DSF} ima za $M=0,5$, što iznosi 40% od ukupne vrednosti aerodinamičkog koeficijenta C_{Do} koji je tada minimalan. Porastom brzine projektila ($M=1,2$) raste vrednost talasnog otpora [7], a smanjuje se vrednost C_{DSF} , tako da iznosi 12% od

Tabela 2

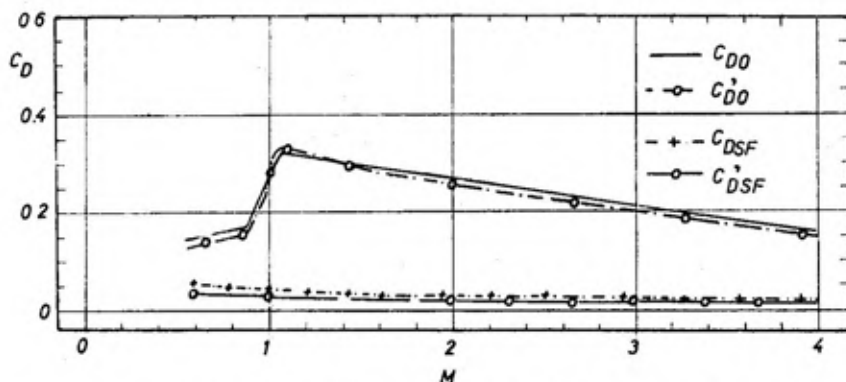
M	KALIBAR 152 mm			KALIBAR 122 mm		
	C_{DSF}	C_{Do}	C_{DSF}/C_{Do} %	C_{DSF}	C_{Do}	C_{DSF}/C_{Do} %
0,500	0,050	0,125	40	0,048	0,169	28
0,600	0,048	0,127	38	0,046	0,172	27
0,700	0,047	0,129	36	0,045	0,175	26
0,800	0,045	0,133	34	0,043	0,181	24
0,900	0,044	0,142	31	0,042	0,188	22
1,000	0,043	0,301	14	0,041	0,305	13
1,100	0,042	0,335	13	0,040	0,405	10
1,200	0,041	0,328	12	0,039	0,399	10
1,300	0,040	0,320	12	0,038	0,381	10
1,400	0,039	0,301	13	0,037	0,360	10
1,500	0,038	0,298	13	0,036	0,354	10
1,600	0,037	0,288	13	0,035	0,343	10
1,700	0,036	0,278	13	0,034	0,332	10
1,800	0,035	0,269	13	0,034	0,322	11
2,000	0,034	0,253	13	0,032	0,304	11
2,200	0,032	0,238	13	0,031	0,287	11
2,500	0,030	0,218	14	0,029	0,263	11
3,000	0,028	0,191	15	0,026	0,230	11
3,500	0,025	0,168	15	0,024	0,204	12
4,000	0,023	0,151	15	0,022	0,183	12

broja M, za hipotetičke kalibre 152 mm i 122 mm, dobijene poluempirijskom metodom MC DRAG.

C_{Do} . Za supersonične brzine koeficijent trenja iznosi do 15% vrednosti ukupnog aerodinamičkog koeficijenta.

Usporedni dijagram aerodinamičkog koeficijenta $C_{DO}(M)$ i $C_{DSF}(M)$, za hipotetički projektil 152 mm na osnovu tabele 1 i tabele 2, prikazan je na sl. 7.

ta klasičnom i poluempirijskom metodom MC DRAG. Metoda MC DRAG ima standardno odstupanje u odnosu na klasičnu metodu i to u subsonici ($M=0,6$) za 11,3%, u transonici ($M=1,1$)



Sl. 7 — Usporedni dijagrami $C_{DO}(M)$, $C'_{DO}(M)$, $C_{DSF}(M)$ i $C'_{DSF}(M)$

Zaključak

Prezentiran je teorijski pristup analizi graničnog sloja pri opstrujavanju ravne i krivolinijske površine. Pored toga, dat je komparativni pristup proračunu aerodinamičkog koeficijenta otpora trenja različitih autora za laminarni, prelazni i turbolentni granični sloj. Prikazan je proračun koeficijenta

za 10% i u supersonici ($M=3$) za 0,8%. Ukoliko se menja oblik vrha projektila dobijaju se različite vrednosti aerodinamičkog koeficijenta trenja [7, 9]. Minimalne vrednosti C_{DSF} dobijene su za vrh projektila kalibra 122 mm, oblika konusa (tabela 2).

Rad može poslužiti za procenu uticaja aerodinamičkog koeficijenta trenja na domet projektila.

Literatura:

- [1] Krasnov, N. F.: Aerodinamika, Moskva, 1980.
- [2] Janković, S.: Aerodinamika projektila, Mašinski fakultet, Beograd, 1978.
- [3] Hanjalić, K.: Dinamika stišljivog fluida, Svetlost, Sarajevo, 1978.
- [4] Robert, L. Mc Coy: »MC DRAG« a computer program for estimating the drag coefficients of projectiles, AD 698 110, 1981.
- [5] Rendulić, Z.: Aerodinamika, SSNO, 1984.
- [6] Slihting, G.: Teorija pograničnog sloja, Nauka, Moskva, 1974.
- [7] Regodić, D.: Aerodinamika rotacionog tela, lekcije, VTA Beograd, 1994.
- [8] Sedov, L. I.: Ploske zadači gidrodinamiki i aerodinamiki, Nauka, Moskva, 1966.
- [9] Regodić, D., Bojanić, Z.: Uticaj dimenzija i oblika vrha projektila na domet, VTG 3-4, 1994.

Mr Predrag Petrović,
dipl. inž.
Dr Slobodan Janković,
dipl. inž.
Mr Milan Vojnović,
dipl. inž.

IDENTIFIKACIJA IZVORA BUKE NA MLAZNOM AVIONU G-4 RADI NJENOG SMANJENJA

Rad predstavlja praktičan primer eksperimentalnih istraživanja emisije buke akustički nedovoljno ispitanog školsko-borbenog mlaznog aviona G-4. Istraživanja su obuhvatala:

— merenje zvučnog intenziteta, koje je obavljeno radi utvrđivanja dominantnih mesta, odnosno površina prodora zvuka u unutrašnjost prednjeg i zadnjeg dela kabine aviona, kako bi se utvrdila opravdanost bilo kakve akustičke zaštite,

— merenje zvučnog pritiska oko aviona, na stajanci, pri određenim uslovima merenja i rada motora, kako bi se utvrdio karakter emisije buke oko aviona,

— merenje zvučnog pritiska u kabini aviona na različitim visinama leta sa isključenom i uključenom presurizacijom, kako bi se utvrdili kriterijumi u pogledu dužine leta definisanim MIL-om, kao i uticaj aerodinamičke buke u opštem nivou buke u kabini.

Na osnovu izvršenih istraživanja i obavljene analize rezultata, utvrđena je opravdanost akustičke zaštite sa određenim prioritetom dominantnih površina. Na osnovu toga, za svaku prioritetnu površinu data je preporuka za izolaciju prethodno ispitanim materijalima, koji se koriste u vazduhoplovstvu.

Uvod

Avion GALEB-4 je jednomotorni, školsko-borbeni avion, projektovan za savremenu letачku i borbenu obuku, trenaž pilota u operativnim jedinicama, efikasnu taktičku podršku, za vuču i izbacivanje vazdušnih meta. Avion ostvaruje vrhunske letne karakteristike, kao što su stabilnost i upravljivost. Pored toga, izvršenim optimizacijama povećane su mu borbene mogućnosti a uvođenjem moderne navigacijske opreme poboljšane letne karakteristike. Avion je opremljen savremenim komandama za upravljanje sa hidrauličkim servopokretačima krilaca i horizontalnog repa.

Osnovi zvučnog intenziteta

Zvučna snaga i usmerenost njene emisije u potpunosti definišu zvučni izvor. Poznavanje navedenih veličina izvora i njegovog položaja, u akustički definisanom prostoru, omogućavaju

predikciju zvučnog pritiska u bilo kojoj tački tog prostora.

Da bi se eksperimentalno odredio nivo zvučne snage jednog izvora, kao i pravac i smer njenog prostiranja, neophodno je izmeniti zvučni pritisak p i brzinu čestice fluida u.

Elementarna površina definisana je svojim vektorom kao što je prikazano na slici 1. Rad koji se obavi u stacionarnom fluidu za elementarno vreme »preko« oве površine (fluks zvučne energije), predstavlja skalarni proizvod sile koja vlada između čestica fluida sa leve i desne strane imaginarne površine, i brzine čestica koje »protiču« kroz elementarnu površinu, pa je:

$$\frac{dW}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{u} = p \cdot \vec{S} \cdot \vec{u} = p \cdot \vec{S} \cdot \vec{u} \cdot \vec{n} \quad (1)$$

gde je:

dW — elementarni rad,

dt — elementarno vreme,

- $\vec{F}$ — vektor sile između čestica fluida,
 δS — elementarna površina,
 $\vec{n}$ — jedinični vektor.

Ukoliko se posmatrani fluks sve de na jediničnu površinu, tada se vektor $\vec{p} \cdot \vec{u}$ naziva zvučnim intenzitetom I , koji je definisan izrazom:

$$\vec{I} = \vec{p} \cdot \vec{u} \quad (2)$$

Za određivanje zvučne snage izvora dovoljno je odrediti sumu zvučnog intenziteta po površini, koja ograničava zapreminu u kojoj se nalazi izvor.

Na osnovu Gausove teoreme, zapreminski integral divergencije zvučnog intenziteta jednak je integralu normalne komponente zvučnog intenziteta po površini koja formira zapreminu, odnosno:

$$W_s = \int_V \nabla \cdot \vec{I} \cdot dV = \int_S \vec{I} \cdot \vec{n} \cdot dS \quad (3)$$

$$W_s = \int_S \vec{I}_n \cdot dS \quad (4)$$

gde je:

W_s — zvučni rad na definisanoj površini,

$\nabla \cdot \vec{I}$ — divergencija zvučnog intenziteta,

dV — elementarna zapremina,

dS — elementarna površina,

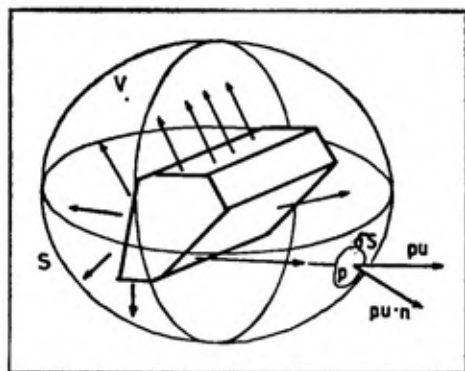
$\vec{I}_n$ — normalna komponenta zvučnog intenziteta.

Merenje zvučne snage

Iz jednačine (4) proizilazi da merenje zvučne snage metodom zvučnog intenziteta, ne utiče na tačnost, bez obzira na prisutnost:

— izvora koji nisu obuhvaćeni površinom S ,

— reflektujućih površina (van zapremine V),



Sl. 1 — Elementarna površina

— idealnih reflektujućih površina (u okviru i van zapremine V).

Navedeni objekti utiču na fluks vektora zvučnog intenziteta u pojedinim tačkama površine S , ali ne menjaju vrednost integrala.

Ovu konstataciju uvek navode proizvođači opreme za merenje zvučnog intenziteta kako bi istakli prednost određivanja zvučne snage izvora merenjem zvučnog intenziteta u odnosu na metode koje se zasnivaju na merenju zvučnog pritiska. Međutim, u tom pogledu postoje bitna ograničenja. Najpre, izvor čija se snaga meri nije idealan tačkasti izvor. On poseduje konačne dimenzije i izrađen je od materijala čije se akustičke osobine ne mogu apstrahovati. Disipacija energije, na objektu koji se meri, često može da naruši tačnost merenja. Reflektujuće površine, koje su bliske objektima merenja (izvan zapremine V), imaju nepovoljan uticaj kao i bliski izvori. Sa akustičkog stanovišta, reflektujuće površine mogu se zameniti izvorima, odnosno, predstavljaju slike u ogledalu osnovnog izvora. Ukoliko izvor ima izraženu snagu u užem frekventnom po-

druću (sl. 2) reflektujuća površina će delovati kao koherentni izvor osnovnom izvoru, što će bitno narušiti vrednost integrala po površini S, odnosno rezultati merenja zvučne snage neće biti validni (sl. 3).

Tokom merenja teško je odrediti da li su reflektujuće površine blizu ili ne. U krajnjem slučaju, položaj površine S može se menjati, što unosi još jedan stepen neodređenosti.

Standardi, koji tretiraju ovu oblast, usvajaju kriterijume za eksperimentalno definisanje ovog segmenta merenja. Za ocenu uticaja reflektujućih površina i eksternih izvora (van zapremine V) usvojeni su kriterijumi koji se zasnivaju na takozvanom »pritisak-intenzitet indikatoru površine«, (H_2) i »indikatoru učešća negativne snage« (H_3).

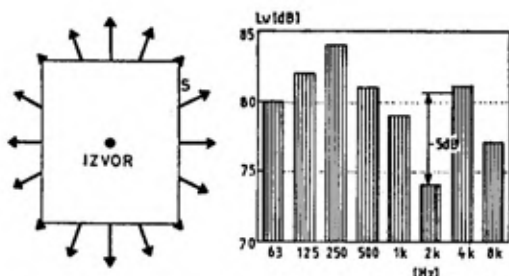
$$H_2 = \bar{L}_p - 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|I_{ni}|}{I_{ref}} \quad (5)$$

$$H_3 = \bar{L}_p - 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{I_{ni}}{I_{ref}} \quad (6)$$

gde je:

$\bar{L}_p$ — srednji nivo pritiska za N tačaka na mernoj površini,

I_{ni} — intenzitet vektora $\vec{I}_n$ za i-ti segment merne površine,

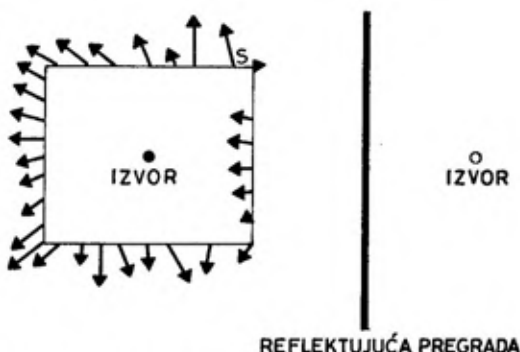


Sl. 2 — Primer zvučnog izvora sa predviđenim spektrom

N — broj mernih tačaka (segmenta) na mernoj površini,

I_{ref} — referentni pritisak.

Ako je uticaj reflektujućih površina i spoljnih izvora veliki, jasno je da će postojati znatan prodor zvučne snage u zapreminu V. To će prouzrokovati bitna odstupanja vrednosti H_2 u odnosu na H_3 , zbog razlika suma apsolutnih i realnih vrednosti intenziteta I. Drugi član indikatora negativne snage



Sl. 3 — Primer zvučnog izvora sa reflektujućom površinom

ge će se smanjiti, a vrednost indikatora će porasti, pa za ocenu merenja može poslužiti vrednost $H_3 - H_2$. Suviše velike vrednosti razlike ova dva indikatora ukazuju na činjenicu da postoji nedopustivo veliki uticaj spoljnih izvora ili reflektujućih površina.

Razlika $H_3 - H_2$ može ukazivati na potrebu da se merna površina približi izvoru i na taj način udalji od reflektujuće površine.

Merna oprema

U toku merenja zvučnog intenziteta korišćena je sledeća merna oprema:

— trajno polarisani mikrofoni, okrenuti jedan ka drugom, na rastojanju od 12 mm. Na ovaj način obezbeđuje se merenje u frekventnom području do

15 kHz sa greškom ne većom od 1 dB (ravan talas u osi sonde),

— analizator zvučnog intenziteta (B&K 4433), koji radi na principu merenja pritiska u dve tačke i na osnovu izmerenih veličina izračunava brzinu čestice fluida prema izrazu:

$$u = -1/\rho \int \frac{P_B - P_A}{\Delta r} dt \quad (7)$$

gde je:

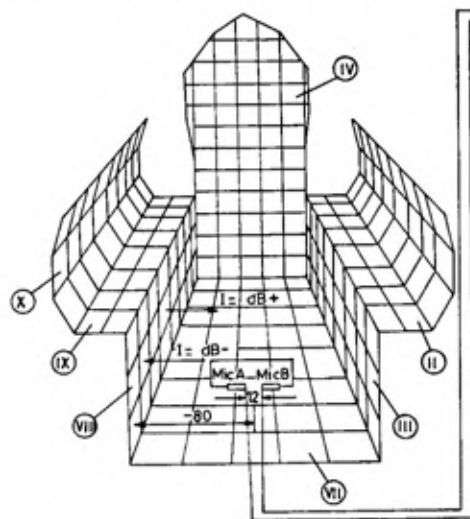
$P_B - P_A$ — razlika pritiska između mikrofona A i B (sl. 5),

Δr — rastojanje između mikrofona A i B,

ρ — gustina vazduha.

Tokom merenja, instrument sukcesivno postavlja oktavni filter (1/1), tako da je moguće preuzeti usrednjenu vrednost zvučnog intenziteta za definisanu oktavu i usrednjavanje izmerene vrednosti u trajanju od 1 sekunde po oktavi.

Rezultati merenja preuzimaju se posredstvom komunikacije G-PIB BUS-a i unose se u računar. Blok-shema merne instalacije prikazana je na sl. 4.



Uslovi i način ispitivanja

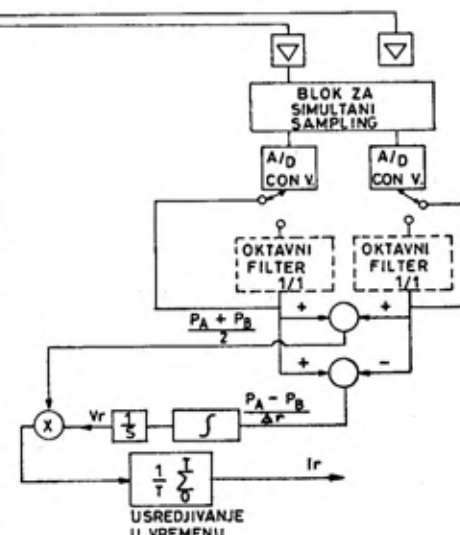
Sa aspekta buke, avion je akustički nedovoljno ispitivan, pa je prvi korak utvrđivanje nivoa spoljašnje i unutrašnje buke pri određenim režimima rada.

Meren je zvučni intenzitet u unutrašnjosti kabine, radi utvrđivanja dominantnih površina prodora zvuka, kako bi se, na osnovu dobijenih rezultata, dala preporuka za akustičnu zaštitu određenih površina.

Pri ispitivanjima broj obrtaja motora iznosio je 40% od maksimalnog (n_{max}). Ispitivanja su obavljena na Aerodromu Batajnica, u saradnji VTI-a, VOC-a i Instituta IMR-a.

Radi utvrđivanja karaktera zvučnog pritiska oko aviona, na stajanci su vršena merenja na različitim daljinama (10, 20 i 40 m) i pri različitim režimima rada motora (40, 60, 80, 100%) n_{max} .

Da bi se utvrdili kriterijumi u pogledu dužine leta i uticaja aerodinamičke buke u opštem nivou buke u kabinu, meren je zvučni pritisak pored uha



Sl. 4 — Sistem za merenje zvučnog intenziteta unutrašnje buke u stacionarnim uslovima

pilota u toku horizontalnog leta pri različitim visinama i brzinama.

Merenja su obavljena sa 1/3 oktavnim filterom na centralnim frekvencijama 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz i 8 kHz i skali »A« čiji je obim frekvencija prilagođen ljudskom uhu. Korišćena merna oprema u potpunosti je odgovarala zahtevima važećih standarda. Svi ostali uslovi u toku ispitivanja su, takođe, zadovoljavali zahteve važećih standarda za merenje buke.

Merenja zvučnog intenziteta izvedena su sa zatvorenim poklopcem kabine i isključenom presurizacijom. Smatra se da su elementarne površine zidova unutrašnjosti kabine izložene dejstvu zvučnih talasa u nehomogenom difuznom polju, pa zbog toga dolazi do naizmeničnih promena smeru vektora zvučnog intenziteta.

Pošto je obim ispitivanja i dobijenih rezultata veoma veliki, u radu su prikazani samo karakteristični rezultati.

Uzimajući u obzir navedene konstatacije, izvršene su odgovarajuće podele unutrašnjih površina kabine, na kojima se mogu sagledati pozitivne i negativne vrednosti vektora zvučnog intenziteta, u zavisnosti od centralne frekvencije. Podela unutrašnjih površina izvršena je na sledeći način:

Zadnji deo kabine aviona G-4:

II gornja strana pulta — levo (X, Y—7x1),

III blok pulta — levo (7x2),

IV leđa (4x11),

V poklopac kabine (3x3),

VI bočna strana — levo (9x2),

VII pod kabine (4x7),

VIII Bok pulta — desno (8x2),

IX Gornja strana pulta — desno (8x1),

X Bočna strana — desno (8x2).

Prednji deo kabine aviona G-4:

XI bočna strana — levo (7x2),

XII gornja strana pulta — levo (7x1),

XIII bok pulta — levo (7x2),

XIV pod kabine (4x8),

XV bok pulta — desno (8x2),

XVI gornja strana pulta — desno (8x1),

XVII bočna strana — desno.

Navedene površine karakterišu uvedene koordinate (X, Y) koje definišu merno mesto i odgovarajuće vrednosti zvučnog intenziteta svake merne površine, definisane poljima dimenzija 10x10 cm. Merenje zvučnog pritiska oko aviona obavljeno je na rastojanju $R=10$, visini 1,5 m, na svakih 10° .

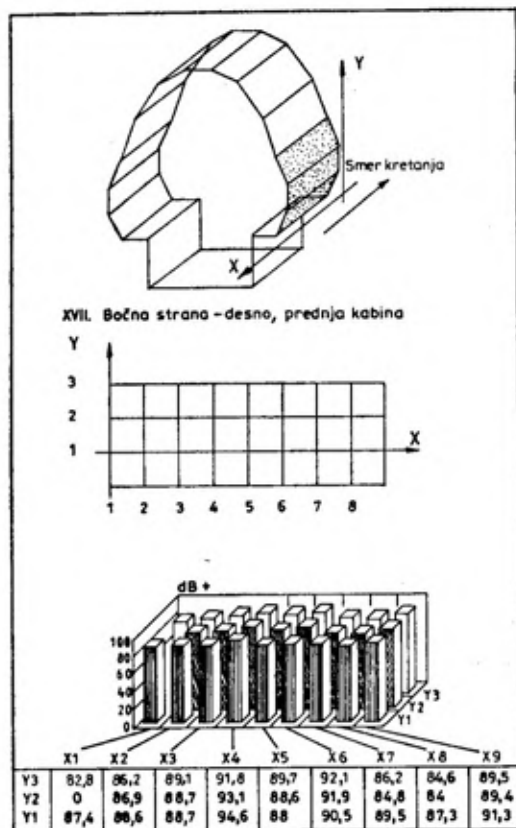
Zvučni intenzitet meren je upravo na referentnu površinu, na rastojanju od oko 80 mm. Na svakoj mernoj površini, odnosno mernom mestu, zvučni intenzitet i pritisak mereni su na centralnim frekvencijama koje su iznosile 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz, kao i po skali »A«.

Merenje zvučnog intenziteta u kabini aviona u stacionarnim uslovima

Merenjem zvučnog intenziteta u kabini aviona i zvučnog pritiska oko aviona, zbog velikog broja definisanih mernih polja, mernih tačaka i uslova merenja, dobijen je veliki broj podataka. Zbog toga su, u trodimenzionalnom dijagramu, prikazane vrednosti zvučnog intenziteta određene merne površine, koju definiše koordinatni sistem (X, Y).

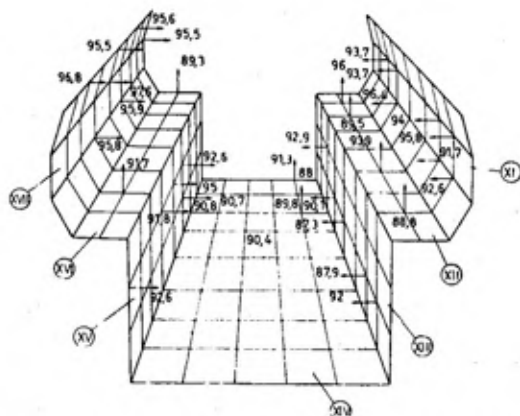
Na sl. 5 prikazan je zvučni intenzitet desne bočne strane prednjeg dela kabine (XVII) pri frekvenciji 1000 Hz.

Isti princip merenja i obrade rezultata zadržan je i na drugim površinama. Na osnovu dobijenih rezultata izvršena je aksonometrijska analiza dominantnih vektora zvučnog intenziteta, na osnovu koje su određene priori-

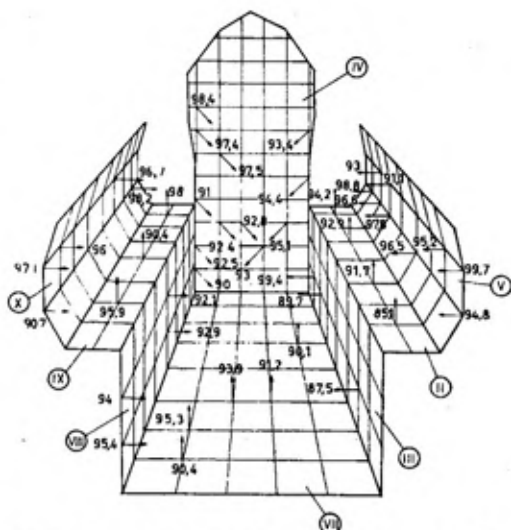


Sl. 5 — Zvučni intenzitet desne bočne strane kabine sa mernom mrežom

tetne zone koje zahtevaju akustičku zaštitu odgovarajućim izolacionim materijalom koji se koristi u vazduhoplovstvu. Opšti nivo buke prednjeg dela kabine prikazan je na slici 6, a zadnjeg dela kabine na slici 7.



Sl. 6 — Opšti nivo buke prednjeg dela kabine

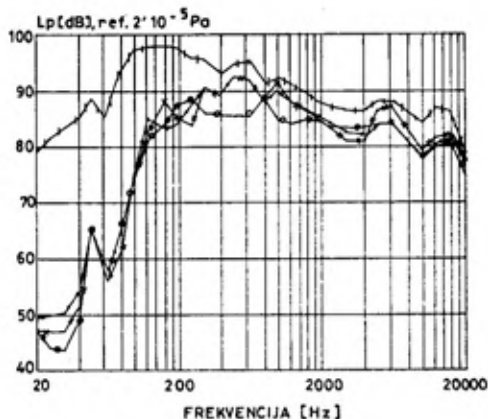


Sl. 7 — Opšti nivo buke zadnjeg dela kabine

Merenje zvučnog pritiska u kabini aviona u toku leta

Merenje zvučnog pritiska u kabini obavljeno je sa isključenom presurizacijom na visini leta $h=1000$ m i $h=5000$ m, a sa uključenom presurizacijom na visini $h=1000$ m pri brzini $V=600$ km/h. Nivo zvučnog pritiska prikazan je na sl. 8. Na istoj slici prikazan je zvučni pritisak u ka-

bini, izmeren na stajanci, pri režimu rada motora 90% n_{max} .



— $h=1000; V=600; ISKLJUČ.$ — $h=1000; V=600; UKLJUČ.$
 — $h=5000; V=600; ISKLJUČ.$ — $h=0; V=0; n=90\%$

Sl. 8 — Zvučni pritisak u zadnjem delu kabine aviona

Merenjem je ustanovljeno da zvučni pritisak u kabini zadovoljava kriterijume leta u trajanju 30 i 120 min., prema standardu MIL-8806 A.

Izmereni rezultati zvučnog pritiska na visinama $h=1000$ m, $h=5000$ m i brzini $V=600$ km/h, kao i na stajanci, prikazani su na sl. 9.

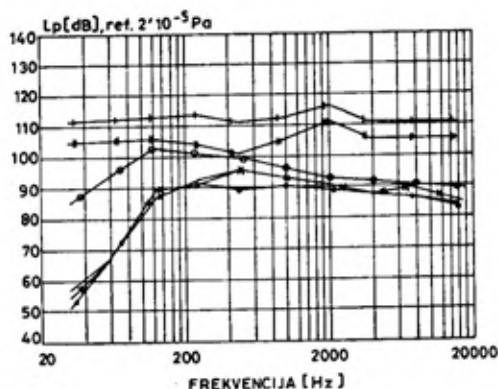
Upoređenjem prikazanih rezultata može se uočiti da je uticaj aerodinamičke buke u uslovima leta na visini $h=1000$ m i pri brzini $V=600$ km/h (režim rada motora 90% n_{max}), najveći u oblasti frekvencija od 300 Hz do 1 kHz, dok je u ostalom delu spektra zanemarljiv. Uticaj presurizacije je naročito izražen na nižim frekvencijama do 400 Hz.

S obzirom na karakter krive »A« u ovoj oblasti, doprinos opštem nivou buke nema veći značaj za pilota. Međutim, iznad 500 Hz, u celom čujnom području, presurizacija povećava zvučni pritisak za oko 3 dB, što ukazuje

da bi se unapređenjima na presurizaciju mogao, u izvesnoj meri, smanjiti opšti nivo buke u kabini.

Merenje zvučnog pritiska oko aviona u stacionarnim uslovima

U okviru merenja spektra nivoa zvuka oko aviona, najpre su snimljene sekvence buke u pojedinim tačkama, prema opisanim uslovima. Rezultati merenja zvučnog pritiska oko aviona, za režime rada motora (40, 60, 80 i 100%) od n_{max} i na rastojanju 10 m, prikazani su na sl. 10. Na sl. 11 prikazan je nivo izmerenog zvučnog pritiska oko aviona na režimu rada motora 60% od n_{max} i na rastojanju 10, 20 i 40 m.



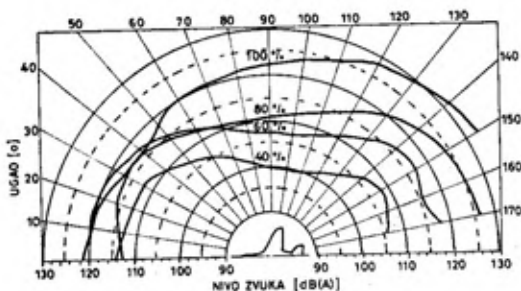
— 1000; 600; ISKLJ. — Izloz. 30 min — Izloz. 120 min
 — 1000; 600; UKLJ. — 5000; 600; ISKLJ. — $h=0; V=0; n=90\%$

Sl. 9 — Izmereni i dozvoljeni zvučni pritisak u kabini aviona

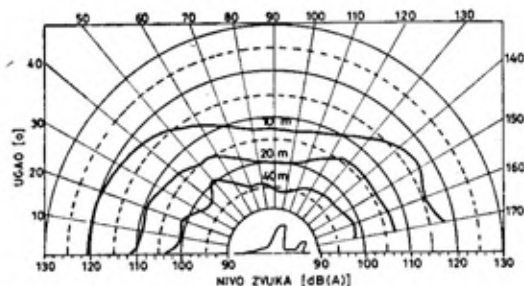
Analizirajući režime rada motora na određenim rastojanjima, može se uočiti da:

— na režimu 40% opterećenja motora od n_{max} dominira kompresorska buka čija je frekvencija iznad 2 kHz,

— na režimu 60% opterećenja i dalje dominira kompresorska buka frekvencije iznad 2 kHz, ali se u frek-



Sl. 10 — Zvučni pritisak oko aviona na rastojanju 10 m i pri različitim režimima rada motora



Sl. 11 — Zvučni pritisak oko aviona na režimu 60% od n_{max} i daljinama 10, 20 i 40 m

ventnom dijapazonu od 250 Hz do 2 kHz uočava i turbinska buka,

— na režimu 80% opterećenja dominira buka mlaza, dok je kompresorska buka prisutna iznad frekvencije od 4 kHz,

— na režimu 100% opterećenja izrazita je dominacija buke mlaza frekvencije iznad 500 Hz.

Osvrt na rezultate ispitivanja

Može se smatrati da su, u unutrašnjosti kabine aviona, elementarne površine zidova izložene dejstvu zvučnih talasa u nehomogenom difuznom po-

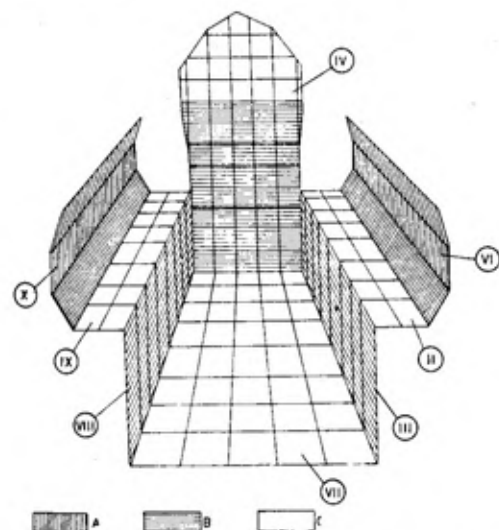
lju. Zbog toga dolazi do naizmenične promene smera vektora zvučnog intenziteta, odnosno pojava njihovih pozitivnih i negativnih vrednosti. Pri prostiranju zvučnog talasa u zatvorenim prostorima, površine imaju relativno mali koeficijent apsorpcije, a zvučni talasi se reflektuju pre nego što toliko oslabe da se njihov doprinos ukupnoj akustičkoj energiji može zanemariti.

Difuzna polja su prostori u kojima relativno zadržavanje svakog talasa dopušta pretpostavku da u svaku tačku prostora istovremeno dolazi mnoštvo zvučnih talasa. Ti talasi su prošli različite puteve sa različitim faznim stavovima i verovatnoćom da su svi pravci prostiranja jednako zastupljeni.

U slučajevima kada je koeficijent apsorpcije površina mali, reflektujući talasi mogu biti višeg intenziteta od samog zvučnog izvora. Na osnovu toga može se zaključiti da je akustička energija u difuznom polju vrlo promenljiva, odnosno nehomogena. To ukazuje na mogućnost česte promene smera prostiranja, odnosno promene smera vektora zvučnog intenziteta, osim u blizini snažnijih zvučnih izvora gde dominira intenzitet samog izvora. Za analizu intenziteta zvuka u kabini aviona, radi smanjenja buke, važne su samo pozitivne vrednosti vektora zvučnog intenziteta koje svojim pravcem definišu smer prostiranja zvuka ka unutrašnjosti kabine. U slučajevima negativnih vrednosti vektora zvuk se prostire od unutrašnjosti ka površinama kabine aviona. Na osnovu aksonometrijskog prikaza karakterističnih veličina zvučnog intenziteta utvrđeni su, za određene frekvencije, stepeni prodiranja zvuka u unutrašnjost kabine na pojedinim površinama. Na osnovu toga preporučeni su odgovarajući postojeći izolacioni materijali koji se primenjuju u vazduhoplovstvu.

Utvrđivanje dominantnih zona prodora zvuka i predlog akustičke izolacije kabine

Najveće akustičko zračenje u unutrašnjost kabine ispoljeno je u zonama A, a to su površine VI, X, XVII, i IX. Nešto manje akustičko zračenje u unutrašnjost kabine je u zonama B, na površinama III, VIII, XIII, XV i IV a najslabije akustičko zračenje je u zonama C, na površinama XII, VI, II, IX, VII i XIV. Zone i površine kabine prikazane su na slikama 12 i 13.



Sl. 12 — Zone prodora buke u unutrašnjost zadnjeg dela kabine

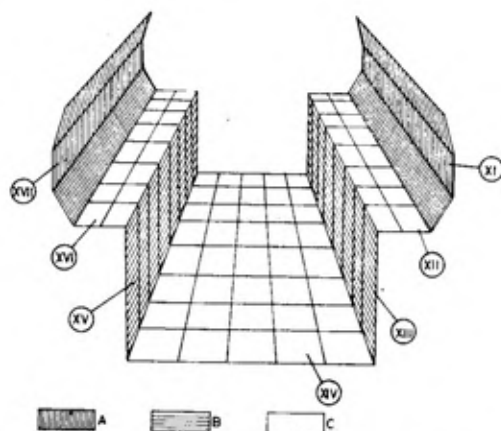
S obzirom na veoma stroge zahteve postavljene izolacionim materijalima koji se koriste u vazduhoplovstvu (prvenstveno u pogledu dobrih izolacionih karakteristika, ograničenja težine i načina postavljanja) na raspolaganju su sledeći materijali:

— porozni materijal JEHIER tip 703, debljine 12,5 mm;

— impregniрана folija JEHIER tip 828, površinske mase 120 g/m²;

— impregniрана folija JEHIER tip 827, površinske mase 200 g/m²;

— sunderasti materijal JEHIER koji u različitim kombinacijama formira nekoliko slojeva.



Sl. 13 — Zone prodora buke u unutrašnjost prednjeg dela kabine

Navedeni materijali pričvršćuju se takozvanom čičak trakom stvarajući vazdušne slojeve koje je u ovoj situaciji teško definisati zbog različitih lokalnih pojava između folija i lima, kako je prikazano na sl. 14.

Pri određenim zvučnim pobudama definiše se izolaciona moć materijala R, sledećim izrazom:

$$R = 10 \log \frac{I_{inc}}{I_{trans}} \quad (8)$$

gde je:

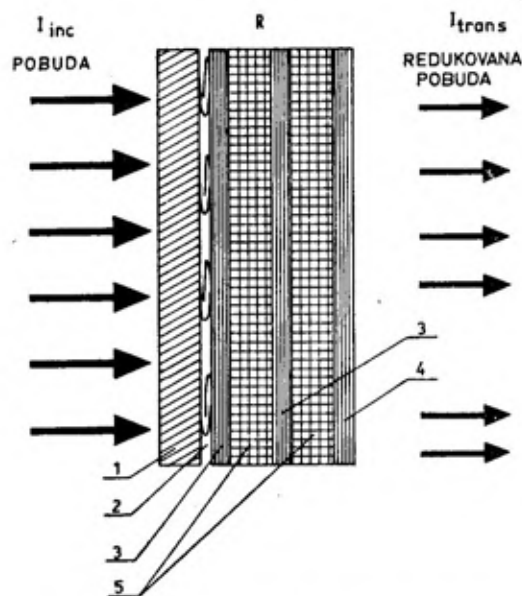
R — slabljenje zvučne pobude, odnosno izolaciona moć materijala,

I_{inc} — intenzitet zvučne pobude,

I_{trans} — zvučni intenzitet koji je prošao kroz »sendvič«.

Međutim, tip pobude je veoma važan pri određivanju koeficijenata slabljenja izolacionog materijala. Merenja koja su obavljena u kabini aviona dala su rezultate koji odgovaraju pobudi upravnoj na materijal. Ako se to

slabljenje označi sa R_o , onda je slabljenje materijala sa pobudom u slobodnim uslovima (uglovi do 78° u odnosu na normalu prema ravni materijala) različito, u zavisnosti od vrste izolacionog materijala. Zavisnost za prozorne materijale iznosi $R=1,1 \cdot R_o$, a za impregnirane i čvrste materijale $R=R_o-5$ [1].



Sl. 14 — Sematski prikaz zvučne pobude i izolacione moći materijala različitih akustičkih karakteristika

1 — aluminijumska oplata debljine 0,96 mm, 2 — čičak traka, 3 — folija »JEHIER« 120 g/m² tip 828, 4 — folija »JEHIER« 200 g/m² tip 827, 5 — fiberglas »JEHIER« 9,6 kg/m³ tip 703/12,5 mm

Zbog toga se za zone A, predlaže upotreba višeslojnog materijala sa aluminijumskom folijom debljine 0,96 mm (JEHIER tip 828 površinske mase 120 g/m²) ili materijal sa aluminijumskom folijom iste debljine JEHIER tip 703, ukupne debljine 5 cm.

Za zone B sa nešto slabijim akustičkim zračenjem u kabinu, preporučuje se isti izolacioni materijal kao i za zone A.

Za zone C sa najslabijim akustičkim zračenjem u kabinu, ne preporučuje se izolacija zbog mnogobrojnih instrumenata i komandi koji otežavaju postavljanje bilo kakve akustičke zaštite.

Zaključak

Na osnovu sprovedenih ispitivanja i analize rezultata može se konstatovati da su u potpunosti ispunjena očekivanja i opravdanost merenja buke aviona GALEB-4.

Merenjem zvučnog intenziteta utvrđene su prioritetne površine prodora zvuka u kabinu aviona, i na osnovu toga date preporuke za akustičku izolaciju tih površina.

Merenjem zvučnog pritiska u kabini aviona u toku leta na različitim visinama, utvrđeno je da u pogledu dužine leta u trajanju 30 i 120 min., zvučni pritisak zadovoljava standard MIL-8806 A. Definisani su kriterijumi za ostvarenje akustičke izolacije kabine aviona. Istim merenjem utvrđen je uticaj aerodinamičke buke i presurizacije na opšti nivo buke u kabini.

Merenjem zvučnog pritiska oko aviona na stajanci, pri različitim režimima rada motora, utvrđena su dominantna frekventna područja kompresorske i buke mlaza, kao i karakter spoljne buke na različitim frekvencijama i daljinama.

Na osnovu rezultata ispitivanja može se zaključiti da je realizacija akustičke izolacije kabine opravdana i da će smanjiti nivo buke u kabini.

Literatura:

- [1] Bernek L. L.: Noise and vibration control, Institute of noise control engineering Washington, 1988.
- [2] Fahy F. J.: Sound intensity, elsevier science publishers, Ltd Barking, 1993.
- [3] Projekat »Smanjenje buke u kabini aviona G-4« (Institut IMR-a, Beograd, I — faza), 1991.
- [4] Projekat »Smanjenje buke u kabini aviona G-4« (Institut IMR-a — VOC, Beograd, II — faza), 1991.
- [5] Ispitivanje buke u kabini aviona VOC — Beograd, 1991.
- [6] Janković S., Petrović P., Zrnić D.: Determining of the Sound Power and dominant Sound Sources of the Object BY. Measuring Sound Intensity (an Example of engine). VII-a Conferinta nationala de automobile si tractoare (CONAT), BRASOV.
- [7] Petrović P., Janković S., Zrnić D., Bakator J.: Merenje buke školsko-borbenog mlaznog aviona GALEB-4 (SYMOPIS '94, Kotor, oktobar 1994).

ANALIZA UREĐAJA SA ZATVORENIM KOLOM OPTEREĆENJA ZA ISPITIVANJE ZUPČASTIH PRENOSNIKA

Uvod

Utvrđivanje karakteristika zupčastih parova, kao što su čvrstoća bokova i podnožja zubaca, habanje zubaca i toplotno stanje zbog uticaja na uslove podmazivanja, ostvaruje se prvenstveno na uređajima u kojima se simuliraju radni uslovi.

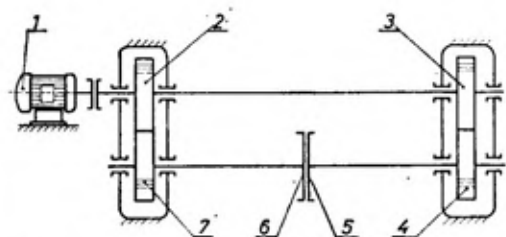
U eksploataciji zupčastih parova retki su slučajevi rada sa konstantnim opterećenjem. Zbog toga se sve više postavljaju zahtevi za eksperimentalna ispitivanja zupčastih parova sa promenljivim opterećenjem. Dosadašnja ispitivanja su pokazala da postoje određeni uticaji promenljivog opterećenja na radne karakteristike. Uočljiv je i uticaj promene ugaone brzine, jer pri povećanju broja obrtaja rastu dinamičke sile, brzina klizanja i rad sila trenja. Toplotno stanje se određuje prvenstveno radi razmatranja njegovog uticaja na uslove podmazivanja, jer postoji zavisnost viskoznosti ulja od temperature, čija je posledica promena naponskog stanja na dodirnim površinama zubaca zupčanika.

Uređaji sa zatvorenim kolom opterećenja za ispitivanje zupčastih prenosnika

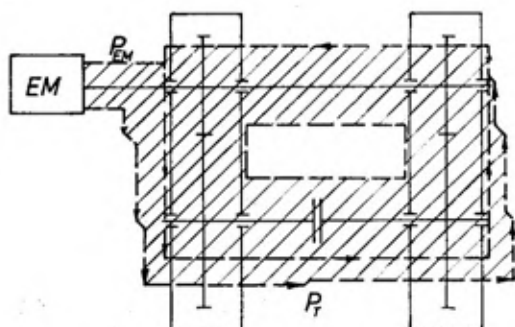
Da bi se smanjila snaga, potrebna za ispitivanje zupčastih prenosnika, koriste se uređaji sa zatvorenim kolom opterećenja. Princip rada ovih uređaja može se objasniti na primeru prikazanom na slici 1.

Elektromotor 1 pokreće parove zupčanika 2—7 i 3—4. Pogonski zupčanici su spojeni kontinualnim vratilom, a gonjeni vratilom sastavljenim iz dva dela, koji na svojim krajevima imaju prirubnice 5 i 6. Ukoliko se jedna prirubnica zaokrene za neki ugao u odnosu na drugu, u sistemu će se uspostaviti moment uvijanja srazmeran ostvarenoj deformaciji celog sistema. Spajanjem prirubnica ceo sistem sa zupčastim parovima je prethodno opterećen obrtnim momentom. U toku rada parovi zupčanika će prenositi snagu srazmernu obrtnom momentu i ugaonoj brzini. Kako u sistemu postoje otpori usled sila trenja (u ležajevima, između bokova zubaca, otpora ulja), zatim usled deformacionog rada pri sprežanju (koji se najvećim delom vraća), radi njihovog savlađivanja mora da se uvede, dopunska spoljna energija od elektromotora.

Na slici 2 prikazana je šema cirkulacije snage u sistemu. Smer cirkulacije važi samo u slučaju poklapanja smera obrtanja i smera dovedenog momenta uvijanja.



Sl. 1 — Uređaj sa zatvorenim kolom opterećenja



Sl. 2 — Šema cirkulacije snage u uređaju sa zatvorenim kolom opterećenja

Na ovaj način potrebna snaga pogonske mašine je znatno manja od snage koja cirkuliše u kolu. Ovaj relativno mali utrošak energije pri ispitivanju predstavlja i glavnu prednost uređaja sa zatvorenim kolom opterećenja.

Nedostaci uređaja sa zatvorenim kolom opterećenja su što su za ostvarenje kola neophodna dva para zupčanika i što se dinamički odnosi jednog zupčastog para prenose na drugi. Ovaj uticaj može da se ublaži povezivanjem parova zupčastih prenosnika elastičnim elementima (elastično vratilo ili elastične spojnice).

Karakteristična osobina uređaja sa zatvorenim kolom za ispitivanje zupčastih prenosnika jeste mogućnost opterećivanja uređaja silama elastičnosti elemenata (u većini slučajeva to je torziono vratilo).

Uređaji mogu biti sa predopterećenjem i opterećivanjem u toku rada. Kod prvih se opterećenje u toku rada ne menja (ispitivanje sa konstantnim obrtnim momentom), a kod drugih se može menjati (ispitivanje sa promenljivim obrtnim momentom). Opterećenje se ostvaruje silama elastičnosti i spoljašnjim dejstvom. Na uređajima sa predopterećenjem kao elementi za opterećivanje služe krute spojnice različite konstrukcije.

Uređaji sa opterećivanjem u toku rada, prema tipu sklopova za opterećivanje (teretnica), mogu biti sa:

- zavojnim mehanizmom,
- obrtnim kućištem,
- radijalnim ili aksijalnim pomeranjem pomoću posebnih zupčanika (najčešće sa kosim zupcima),
- planetarnim i diferencijalnim mehanizmima,
- frikcionim spojnica sa malim proklizavanjem,
- hidrauličkim ili pneumatskim mehanizmima,
- mehanizmima sa programiranim opterećenjem.

Uređaji zatvorenog kola snage mogu se deliti prema:

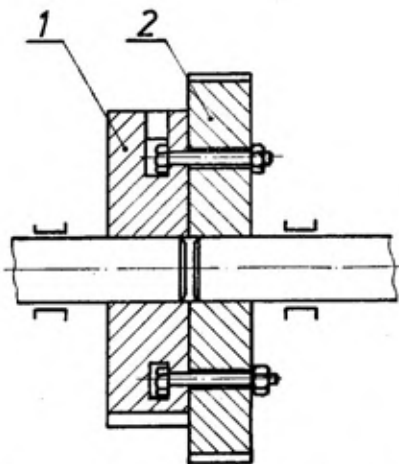
- objektima ispitivanja (za posebne zupčaste prenosnike i za reduktore),
- broju sekcija (jednosekcijski i višesekcijski),
- kompoziciji (sa usklađenim i razdvojenim kućištima ispitivanih i zupčastih prenosnika koji pripadaju ispitnom uređaju),
- međuosnom rastojanju (sa konstantnim i stepenasto promenljivim međuosnim rastojanjem).

Uređaji sa predopterećenjem

Uređaji sa zatvorenim kolom opterećenja, sa predopterećenjem, jednostavne su konstrukcije, lako se uspostavlja i meri moment uvijanja. Nedostatak im je što se puštanje u rad (startovanje) vrši pod punim opterećenjem kao i mogućnost slabljenja opterećenja. Metode ostvarivanja momenta uvijanja mogu se svrstati prema vrstama i konstrukcionim rešenjima sklopova za opterećenje — teretnice.

Prema principu rada teretnice mogu biti *frikcione* i *zglobne*.

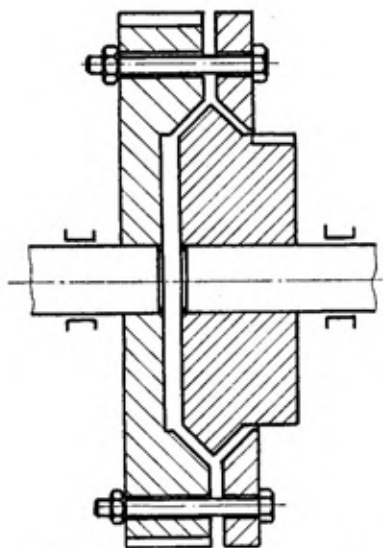
Na slici 3 prikazan je osnovni oblik frikционе teretnice, sa ravnim radnim površinama. Obodi ove teretnice se zaokreću jedan u odnosu na drugi pomoću poluge ili tega, ili polužnim prenosom. Tako zaokrenuti obodi se pritežu posebnim zavrtanjima, koji se po obodu 1 kreću po kružnom T žlebu. Na taj način se ostvaruje otpor prijanjanja. Statički uveden moment uvijanja uravnotežuje se reaktivnim momentom sistema.



Sl. 3 — Frikciona teretnica sa kružnim T žlebovima

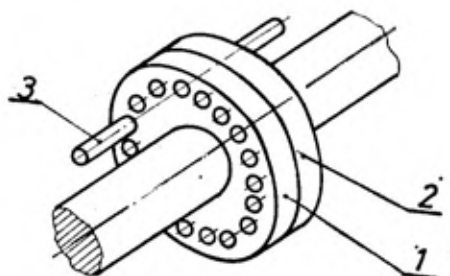
Na slici 4 prikazana je varijanta frikционе teretnice sa koničnim rad-

nim površinama. Način uvođenja momenta uvijanja u zatvoreno kolo opterećenja je istovetan kao kod teretnice sa kružnim T žlebovima.



Sl. 4 — Frikciona teretnica sa koničnim radnim površinama

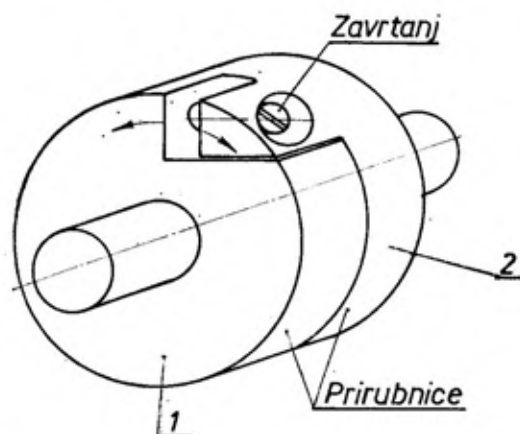
Na slici 5 prikazana je diferencijalna poprečno-uvijajuća teretnica, koja se sastoji od dva oboda, 1 i 2 i čivije 3. Obodi teretnice imaju različit broj istovetnih otvora (najčešće 18 i



Sl. 5 — Diferencijalna poprečno-uvijajuća teretnica

19), u koje se nakon zaokretanja postavljaju čivije za osiguranje.

Na slici 6 prikazana je zglobna teretnica. Na jednoj prirubnici su zavrt-nji čijim se uvrtnjem potiskuje dru-

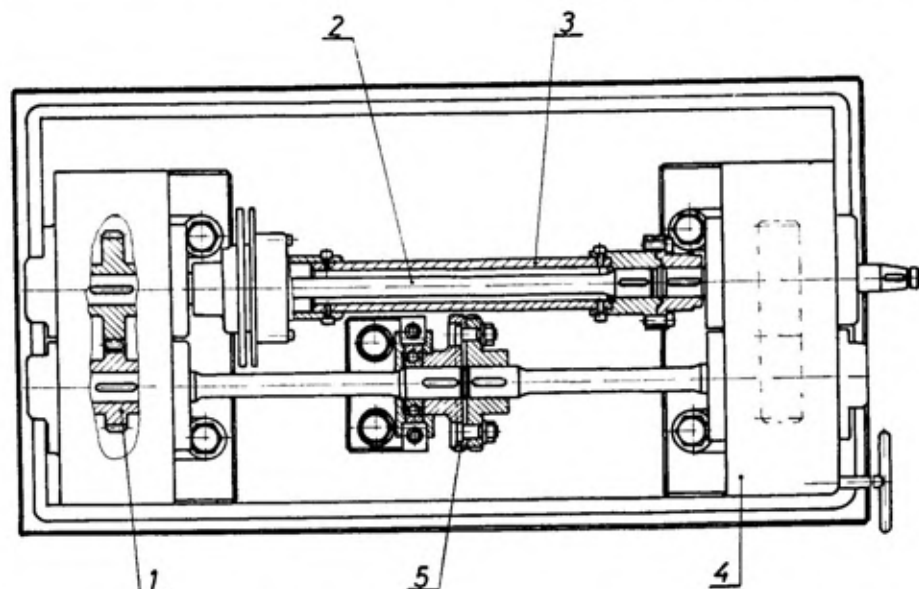


Sl. 6 — Zglobna teretnica sa zavrtanjima

ga prirubnica. Moment uvijanja meri se pomoću mernih traka ili merenjem deformacija (ugla zaokretanja jedne prirubnice u odnosu na drugu).

Na uređajima sa poprečno-uvijaju-ćim, koničnim i zupčastim teretnicama (prikazani na sl. 7 i 8) uvijanje torzionih vratila vrši se opterećenjem ko-je se postavlja na rasklapajuće poluž-ne ključeve ili pomoću dizalica (kao kod uređaja prikazanog na slici 9). Za tačno uvijanje vratila, za određeni ugao, otvori za vijke poprečno-uvija-jućih teretnica izrađuju se u vidu kru-žnih žlebova, ili se u jednom obodu teretnice izrađuje jedan otvor više ne-go u drugom (slika 5). Primena teret-nica sa pritisnim vijcima isključuje ne-ophodnost korišćenja polužnih ključeva, tereta i dizalica. Posle uvijanja vratila pritisni vijci se zaključuju. Na uređa-jima za opterećivanje sa samokočivim pužnim prenosnicima (kao uređaj pri-kazan na slici 10) kućište pužnog pre-nosnika sa pužem učvršćuje se na je-dnom vratilu, a pužni zupčanik na dru-gom. Torziono vratilo uvija se obrta-njem puža.

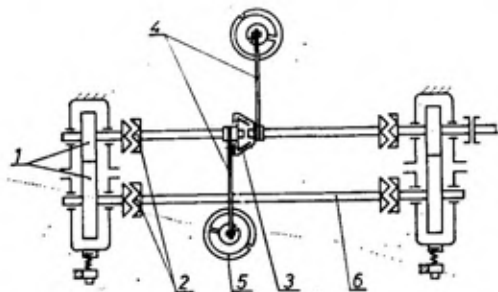
Na slici 7 prikazan je uređaj sa poprečno-uvijajućom teretnicom i op-terećivanjem teretnom polugom. Ovaj uređaj sastoji se od ispitivanog prenos-



Sl. 7 — Uređaj sa poprečno-uvijajućom teretnicom i opterećivanjem teretnom polugom

nika 1, torzionog vratila 2, registratora zaokretanja torzionog vratila 3 i reduktora 4 koji pripada uređaju za ispitivanje. Pozicija 5 označava obod teretnice koji se obrće teretnom polugom za uvijanje torzionog vratila. Reduktor uređaja za ispitivanje 4 mora imati iste geometrijske i kinematske odnose kao i ispitivani prenosnik 1.

Sema uređaja sa koničnom teretnicom prikazana je na slici 8. Ovakav uređaj sastoji se od ispitivanih zupča-

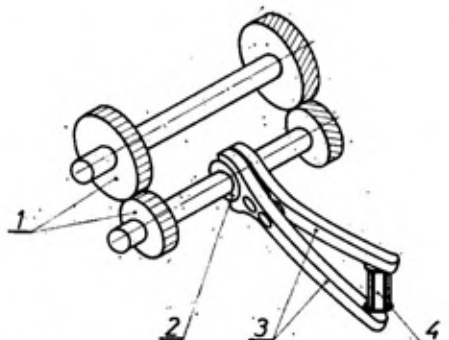


Sl. 8 — Uređaj sa koničnom teretnicom

nika 1, zupčastih spojnika 2, konične frikционе teretnice 3, poluga 4, tegova 5 i torzionog vratila 6.

Uređaj sa poprečno-uvijajućom teretnicom i pneumatskom dizalicom pri-

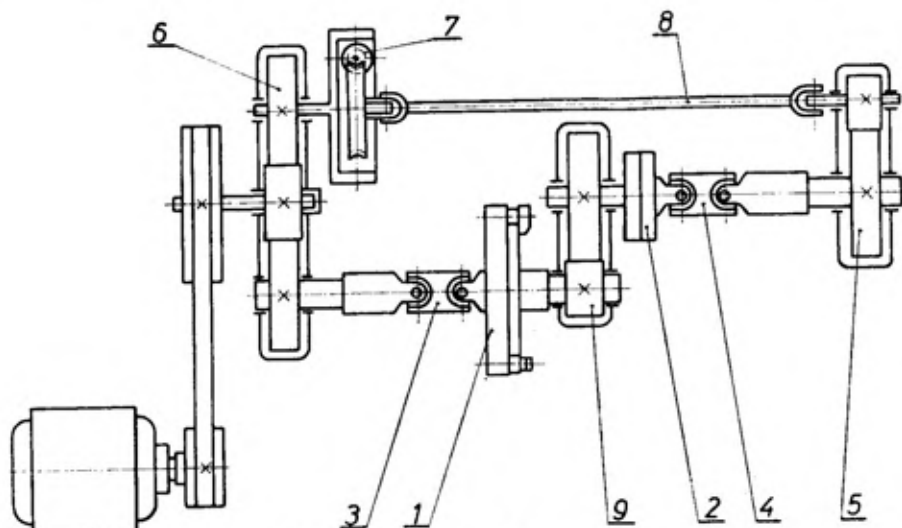
kazan je na slici 9. Sastoji se od ispitivanog prenosnika 1, poprečno-uvija-



Sl. 9 — Uređaj sa poprečno-uvijajućom teretnicom i pneumatskom dizalicom

juće teretnice 2, poluga za opterećivanje 3 i pneumatske dizalice 4. Pneumatska dizalica, usled povećanja pritiska u cilindru, širi poluge što dovodi do uvijanja vratila.

Na slici 10 prikazan je uređaj za ispitivanje zupčanika sa pužnom teretnicom. Zatvoreno kolo obrazuju reduktori 5 i 6, koji pripadaju uređaju za ispitivanje, i ispitivani reduktor 9. Vratila ispitivanog reduktora spojena su sa vratilima reduktora koji pripadaju



Sl. 10 — Uređaj sa pužnom teretnicom

uređaju preko spojnice 1 i 2 i kardanskih vratila 3 i 4. Opterećivanje uređaja obrtnim momentom, u granicama od 5 do 10 kNm, ostvaruje se uvijanjem torzionog vratila 8 pomoću pužne teretnice 7.

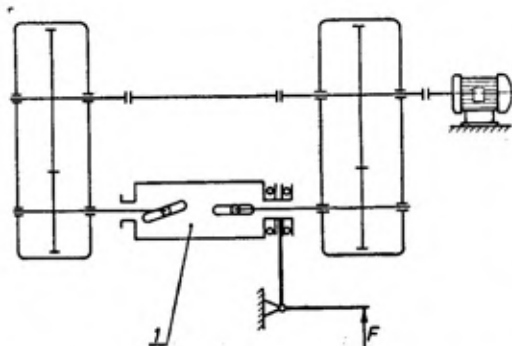
Uređaji sa zavojnim mehanizmom

Na uređajima sa zavojnim mehanizmom torziona vratila se uvijaju pomoću teretnica sa zavojnim žlebom. Na desnom delu teretnice 1 (slika 11) izrađena su dva aksijalna žleba, a na levom dva žleba sa uglom zavojnice β . Delovanjem silom F na polugu izaziva se aksijalno pomeranje teretnice. Zbog postojanja zavojnog žleba, aksijalno pomeranje tela teretnice izaziva uvijanje vratila. Aksijalna sila F_a , koja deluje na telo teretnice (koju izaziva sila F preko kraka poluge), izaziva opterećivanje uređaja momentom uvijanja, koji iznosi:

$$M = F_a D / 2 \operatorname{tg} \beta \quad (1)$$

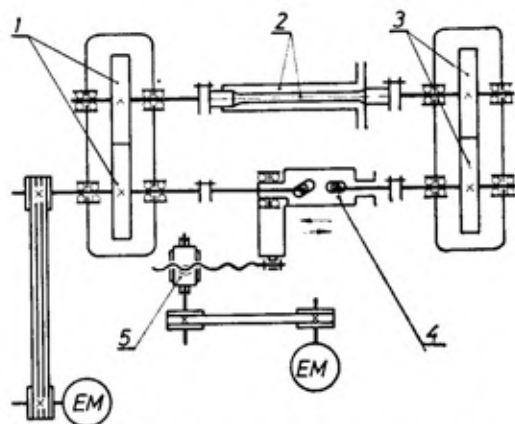
gde je D — prečnik tela teretnice.

Prednost ove teretnice je u jednostavnoj konstrukciji, a nedostaci su: stalno dejstvo aksijalne sile, velika normalna sila pri malom uglu zavojnice, odnosno potreba za velikim prečnikom tela teretnice.



Sl. 11 — Uređaj sa teretnicom sa zavojnim žlebom

Na slici 12 prikazana je šema jednog složenijeg uređaja sa teretnicom sa zavojnim žlebom. Vratila ispitivanih zupčastih prenosnika 1 i 3 međusobno su spojena torzionim vratilom 2 sa pokazivačem ugla uvijanja, i preko teretnice sa zavojnim žlebom 4. Prenosnik koji čine vijak i navrtka aksijalnog pomera teretnicu. Navrtka ovog prenosnika izrađena je izjedna sa pužnim zupčanicom. Pužni zupčanic 5 se pokreće pomoćnim elektromotorom preko kaišnog prenosnika i puža.



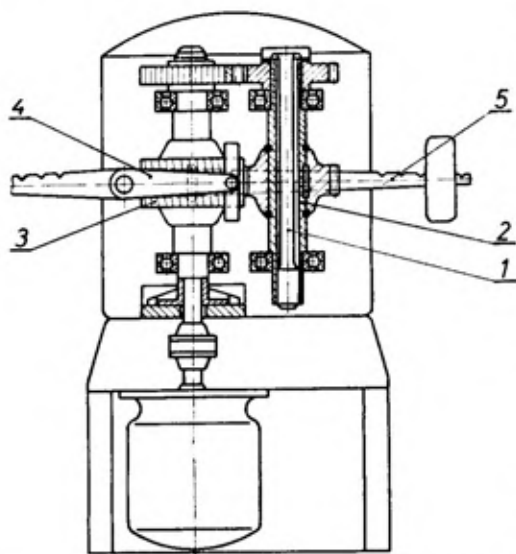
Sl. 12 — Uređaj sa teretnicom sa zavojnim žlebom i pužnim prenosnikom

Uređaji sa teretnicom u vidu zupčanika sa kosim zupcima

Aksijalnim pomeranjem zupčanika sa kosim zupcima (jednog u odnosu na drugi), ostvaruje se i njihovo obrtanje. Ova osobina, u slučaju zatvorenog kola opterećenja, pod dejstvom aksijalne sile F_a , izaziva moment uvijanja, koji se računa prema jednačini (1). Kod ovog uređaja D je kinematski prečnik zupčanika, a β ugao nagiba bočne linije zupca zupčanika.

Postoji više konstrukcionih rešenja ovakvih teretnica. Jedna od varijanti je primena zupčastih spojnika sa kosim zupcima umesto zupčanika.

Princip aksijalnog pomeranja zupčanika sa kosim zupcima korišćen je u uređaju prikazanom na slici 13. Osobine ovog uređaja su vertikalno postavljena vratila ispitivanog prenosnika i postavljanje torzionog vratila 1 unu-

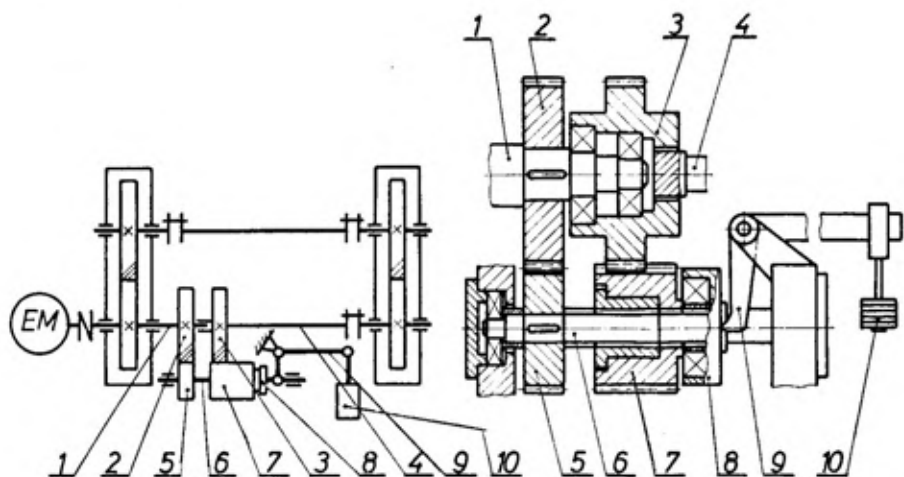


Sl. 13 — Vertikalni uređaj zatvorenog kola sa opterećivanjem pri aksijalnom pomeranju zupčanika sa kosim zupcima

tar šupljeg vratila 2. Opterećivanje se ostvaruje aksijalnim pomeranjem (gore ili dole) zupčanika sa kosim zupcima 3, stavljanjem tega na jednu od poluga 4 ili 5.

Na slici 14 prikazan je drugačiji uređaj koji koristi isti princip. Naime, zatvoreno kolo snage, koju daje elektromotor (slika 14.a), preko vratila 1, zatvaraju zupčasti prenosnici 2—5 i 3—7 i ispitivani zupčasti prenosnici. Ovde zupčanik 7 sa obrtnim vratilom 6 obrazuje ožlebljeni spoj (slika 14.b). Zupčanik 7 aksijalno se pomera usled dejstva tereta 10, postavljenog na polugu 9, koja predaje silu preko ležaja 8. Pri aksijalnom pomeranju zupčanika 7 okreće se i uvija torziono vratilo 4, što dovodi do opterećivanja ispitivanih prenosnika.

Osnovni nedostatak ove vrste teretnica je intenzivno habanje pokretnih elemenata, potreba za ostvarivanjem aksijalne sile i veliki gubici energije zbog trenja. Ovaj način nije pogodan za neprekidnu promenu opterećenja u toku rada i ograničava se samo na izazivanje relativno malih opterećenja.



Sl. 14 — Uređaj sa opterećivanjem pomoću aksijalnog pomeranja zupčanika postavljenog na ožlebljeno vratilo

Uređaji sa obrtnim kućištem

Pošto je kućište prenosnika opterećeno obrtnim momentom, koji predstavlja algebarski zbir obrtnih momenata na ulaznom i izlaznom vratilu, opterećivanje zupčastih parova može da se ostvari saopštavanjem obrtnog momenta kućištu.

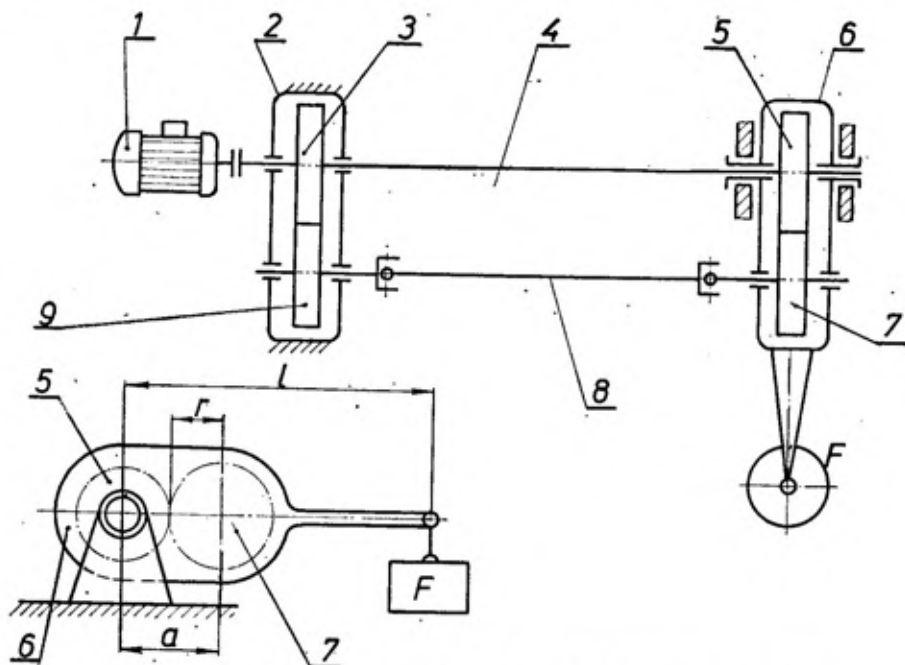
Pod dejstvom spoljašnjeg momenta jedan zupčanik dobija mogućnost da ostvari obrtanje oko zupčanika sa kojim se spreže. Pri tome je spoljašnji moment u ravnoteži sa reaktivnim momentom elastično uvijenih vratila i drugih elemenata uređaja. Zbog toga se ovakve teretnice nazivaju reaktivnim.

Na uređajima sa obrtnim kućištem opterećenje se, takođe, ostvaruje putem elastične deformacije elemenata koji obrazuju zatvoreno kolo. To je slučaj sa vratilima koja spajaju prenosnike u nepokretnim i pokretnim kućištima. Umesto kućišta mogu se pomerati ose bilo kog zupčanika u odnosu na osu

s njim spregnutog zupčanika. Zatim, mogu se pomerati ose dva i više zupčanika u odnosu na osu zupčanika postavljenog između njih, ili ose dva i više zupčanika koji su postavljeni u posebnom kućištu. Vratila nepokretnih i pokretnih kućišta spajaju se spojnicama, koje omogućavaju povećanje ugla otklona (pomeranja). Pored toga, primenjuju se zupčaste i kardanske spojnice. Opterećivanje se može ostvariti tegovima, navojnim i hidrauličkim dizalicama.

Na slici 15 data je šema uređaja kod kojeg je primenjeno zaokretanje kućišta (sistem opterećivanja V. N. Kudrjavceva). Kućište 2 je nepokretno, dok kućište 6, pod dejstvom opterećenja na kraju poluge, ima mogućnost da se zaokrene oko vratila 4. Ispitivani zupčasti parovi su 3—9 i 5—7, a kardansko vratilo je obeleženo brojem 8. Sistem dovodi u obrtanje elektromotor 1. Obrtni moment kojim se opterećuju zupčanici iznosi:

$$M = l \cdot r \cdot (F + G) / a \quad (2)$$



Sl. 15 — Uređaj zatvorenog kola opterećenja sa obrtnim kućištem

gde je:

F — teret na kraju poluge,

G — ekvivalentni teret na kraju poluge, koji stvara moment jednak momentu usled sopstvene težine kućišta 6 zajedno sa njegovim elementima,

l — rastojanje na poluzi od ose vratila 4, oko koga se vrši zaokretanje, do tereta,

r — poluprečnik podeonog kruga zupčanika 7,

a — međuosno rastojanje zupčanika 5 i 7.

Dobre osobine uređaja sa obrtnim kućištem su: jednostavna konstrukcija mehanizama za opterećivanje; mogućnost lakog uspostavljanja i promene opterećenja; mogućnost opremanja uređajima za programirano opterećivanje, koji nisu složene konstrukcije; lako održavanje momenta u toku rada; jednostavno neposredno određivanje momenta kojim se opterećuju zupčanici i jednostavna eksploatacija.

Nedostatak ovih uređaja je dejstvo unutrašnjih dinamičkih sila, odnosno mikropromene ugaonih brzina, koje za posledicu imaju nastanak vibracija. Nepoželjno je da se nastale vibracije amortizuju. Osim toga, u slučaju rada sa promenljivim opterećenjem potrebni su dodatni uređaji.

Uređaji sa planetarnim i diferencijalnim mehanizmima

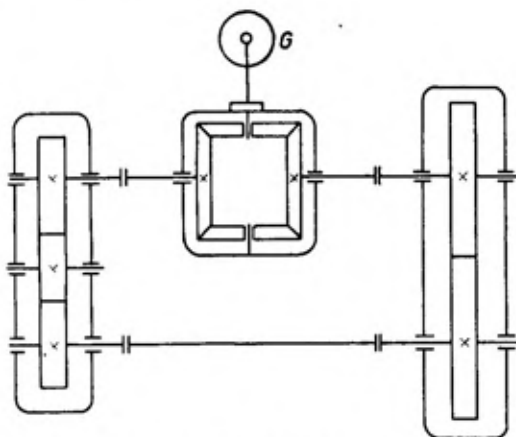
Korišćenjem kinematskih osobina planetarnog kretanja zupčanika razvijeno je više konstrukcija teretnica kod kojih se u toku rada uređaja može menjati opterećenje. Prema kinematskom rešenju teretnice mogu biti nepokretne i obrtne. Prema vrsti primenjenih zupčanika planetarne teretnice mogu biti sa cilindričnim i sa koničnim zupčanicima.

Kod nepokretnih planetarnih teretnica, za vreme rada uređaja, kućište

miruje dok se svi ostali elementi kreću. Moment uvijanja u sistemu moguće je ostvariti zaokretanjem zupčanika sa unutrašnjim ozubljenjem, nosača satelita ili centralnih zupčanika. Nešto povoljniji rad planetarnih teretnica sa cilindričnim zupčanicima je ukoliko se izvede konstrukcija tako da se cela teretnica obrće — obrtna teretnica. U tom slučaju ona radi kao spojnica i nema međusobnog relativnog obrtanja elemenata teretnice. Relativno kretanje elemenata postoji samo u toku uvođenja momenta uvijanja.

Specifičnost nepokretnih planetarnih i diferencijalnih teretnica je u tome što se planetarni i diferencijalni mehanizmi uključuju u zatvoreno kolo tako što nosači satelita (slike 16 i 17) pri radu uređaja ostaju pokretni. Opterećivanje se ostvaruje obrtanjem nosača, koji spojenim vratilima saopštavaju dopunska ugaona pomeranja u suprotnim smerovima.

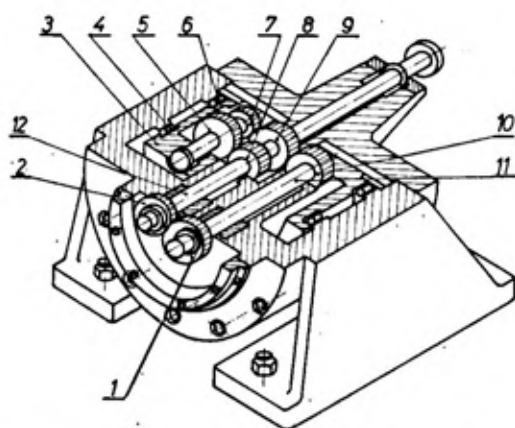
Nepokretna diferencijalna teretnica sa koničnim zupčanicima prikazana je u sastavu uređaja na slici 16. U zatvoreno kolo, sastavljeno od ispitivanih reduktora, postavljen je diferencijalni mehanizam sa četiri konična zupčanika. Opterećivanje se ostvaruje obrtanjem kućišta diferencijalnog mehani-



Sl. 16 — Uređaj sa nepokretnom diferencijalnom teretnicom

zma odnosno planetarnim kretanjem satelita, usled dejstva tereta G postavljenog na poluzi.

Uređaj sa nepokretnom planetarnom teretnicom sa cilindričnim zupčanicama prikazan je na slici 17. Zatvoreno kolo snage čine ispitivani zupčasti prenosnici 1—2 i 9—10, zupčanik 8 i zupčanci 5 i 7, koji su postavljeni na nosaču satelita 3 izrađenom u vidu klevke. Nosač je postavljen na cilindrične kotrljajne vođice 4 i 6. Opterećivanje se ostvaruje obrtanjem nosača 3 oko ose vratila 11. Različit broj zu-



Sl. 17 — Uređaj sa nepokretnom planetarnom teretnicom sa cilindričnim zupčanicama

baća zupčanika 5 i 7 uslovljava razliku u uglovima obrtanja vratila 11 i 12 i njihovo uvijanje. Stvaranje momenta uvijanja obavlja se pomoću elektromotora koji nije prikazan na ovoj slici.

Pomoću planetarnih teretnica opterećenje u sistemu se relativno lako uspostavlja.

Nedostaci planetarnih i diferencijalnih teretnica su:

— svi elementi su opterećeni ukupnim opterećenjem sistema, pa moraju biti i dimenzionisani,

— stepen korisnog dejstva, zbog većeg broja elemenata u sprezi, manji je pa je i utrošak energije za pokretanje sistema srazmerno veći, što se ne odnosi na obrtne teretnice,

— složene su konstrukcije i zahtevaju preciznu izradu,

— mora da postoji posebna instalacija za intenzivno podmazivanje teretnice, a ukoliko su obrtni momenti veliki mora da postoji i instalacija za hlađenje ulja,

— neophodan je poseban uređaj za zaokretanje elemenata teretnice (mehanički, električni ili hidraulički).

Može se zaključiti da su ove teretnice skupe i manje pouzdane u radu, jer imaju veliki broj elemenata.

Uređaji sa frikcionim spojnicama sa malim proklizavanjem

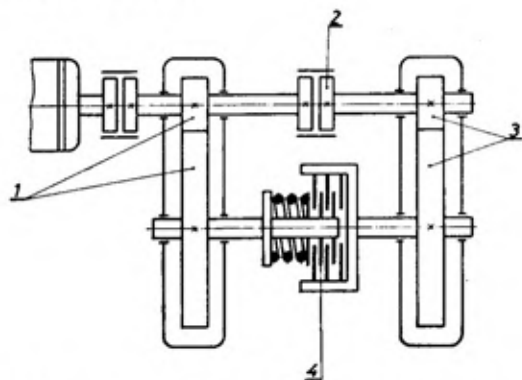
Karakteristika uređaja sa frikcionim spojnicama (slike 18 i 19), koje rade sa malim proklizavanjem, jeste razlika u prenosnim odnosima zupčastih prenosnika koji obrazuju zatvorenu konturu za 1 do 3%, što prouzrokuje klizanje u spojnicama.

Opterećenje se ostvaruje silama trenja koje nastaju u spojnici. Zbog malih brzina klizanja, snaga koja je potrebna spojnicama je mala i čini neznan deo snage koja cirkuliše u zatvorenom kolu.

Uređaji ovakvog tipa pogodni su za ispitivanje reduktora sa ugrađenim sigurnosnim (zaštitnim) frikcionim spojnicama, koje se koriste kod većine teretnica.

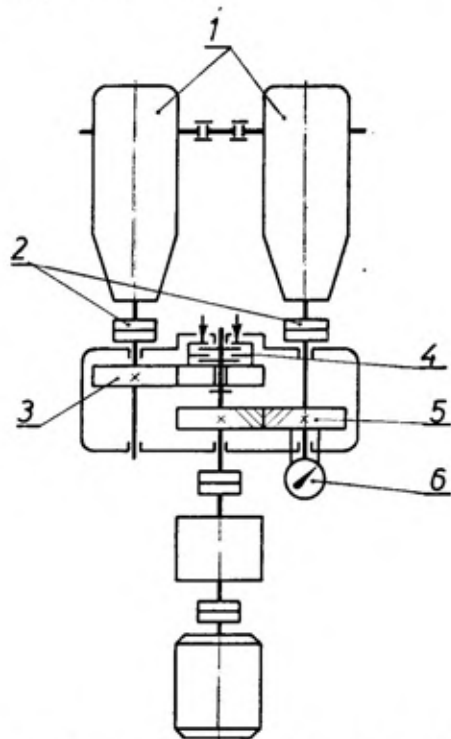
Na slici 18 prikazana je šema uređaja za ispitivanje cilindričnih zupčanika sa frikcionom spojnicom sa malim proklizavanjem. Zatvoreno kolo snage, koju daje elektromotor, čine zupčasti prenosnici 1 i 3, spojnica 2 i frikciona spojnica sa malim proklizavanjem 4. Treba naglasiti da zupča-

sti prenosnici 1 i 3 imaju slične prenosne odnose.



Sl. 18 — Uređaj sa frikcionom spojnicom sa malim proklizavanjem

Sema uređaja za ispitivanje koničnih reduktora, sa frikcionom spojnicom sa malim proklizavanjem, prikazana je na slici 19.



Sl. 19 — Uređaj za ispitivanje koničnih reduktora sa frikcionom spojnicom sa malim proklizavanjem

Snagu od elektromotora primaju zupčasti prenosnici sa sličnim prenosnim odnosima 3 i 5, u čijem je kućištu smeštena i frikciona spojnica sa malim proklizavanjem 4. Snaga se dalje prenosi, preko krutih spojnika 2, na ispitivane cilindrično-konične reduktore 1. Sporohodna vratila cilindrično-koničnih reduktora su čvrsto spojena i zatvaraju kolo opterećenja. Određivanje obrtnog momenta u zatvorenom kolu, vrši se elastičnim dinamometrom 6. Obrtni moment se određuje prema vrednosti aksijalne komponente sile sprezanja u cilindričnom zupčastom prenosniku sa kosim zupcima 5.

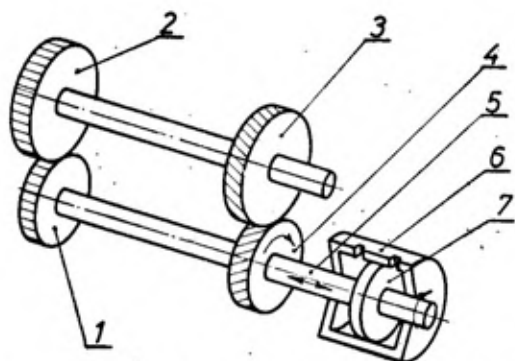
Uređaji sa hidrauličkim i pneumatskim teretnicama

Za ostvarivanje većih momenata uvijanja koriste se hidrauličke i pneumatske teretnice. U uređajima sa hidrauličkim i pneumatskim teretnicama koriste se zavojni mehanizmi sa hidrauličkim pogonom, hidrauličke teretnice sa lopaticama ili polužni mehanizmi sa pneumatskim pogonom.

Kod uređaja sa zavojnim mehanizmima koriste se zupčasti prenosnici sa kosim zupcima zatvorenog kola opterećenja (kao na slikama 20 i 21), autonomni (samostalni) zupčasti prenosnik sa kosim zupcima (kao na slici 22) ili zavojne teretnice (kao na slici 23). Zavojne teretnice mogu se izraditi zasebno od hidrauličkih cilindara (kao na slici 23). Moguće ih je ugraditi u hidrauličke cilindre, ili ih izraditi izjedna sa hidrauličkim cilindrima (kao na slici 21).

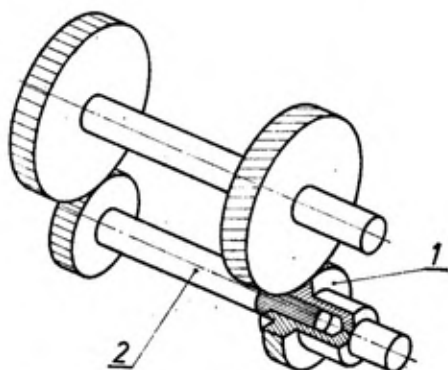
Na slici 20 prikazan je uređaj sa aksijalnim pomeranjem zupčanika sa kosim zupcima pomoću hidrauličkog cilindra dvostranog dejstva. Ispitivani zupčasti prenosnik sa pravim zupcima 1—2 se opterećuje, pri obrtanju zupčastog prenosnika sa kosim zupcima 3—4, usled aksijalnog pomeranja vratila 5. Vratilo 5 na sebi nosi klip

hidrauličkog cilindra 7 i zupčanik sa kosim zupcima 4, i prolazi kroz hidraulički cilindar 6. Dve radne površine sa obe strane klipa 7 omogućuju promenu smera uvijanja torzionog vratila, dovođenjem ulja pod pritiskom na jednu od ranijih površina hidrauličkog cilindra 6.



Sl. 20 — Uređaj sa aksijalnim pomeranjem zupčanika sa kosim zupcima pomoću hidrauličkog cilindra dvostranog dejstva

Uređaj sa aksijalnim pomeranjem zupčanika sa kosim zupcima izrađenog izjedna sa hidrauličkim cilindrom prikazan je na slici 21. Opterećenje se ostvaruje aksijalnim pomeranjem zupčanika sa kosim zupcima 1, koji sa vra-



Sl. 21 — Uređaj sa aksijalnim pomeranjem zupčanika sa kosim zupcima izrađenog izjedna sa hidrauličkim cilindrom

tilom 2 obrazuje klizni ožlebljeni spoj. Desni kraj vratila 2 služi, istovremeno, i kao klip, a unutrašnja površina glavčine zupčanika 1 kao hidraulički cilindar.

Na slici 22 prikazana je šema uređaja za ispitivanje cilindrično-koničnih reduktora sa autonomnom hidrauličkom teretnicom od zupčanika sa kosim zupcima. Ispitivani cilindrično-konični reduktori 1 uključeni su u zatvoreno kolo opterećenja, koje se sastoji od autonomne hidrauličke teretnice 6 i zupčaste spojnice 2, koja spaja sporohodna vratila ispitivanih reduktora. Opterećivanje se ostvaruje uzajamnim obrtanjem vratila 7 i 10, pri aksijalnom pomeranju zupčanika 5 i 8, zajedno sa srednjim vratilom 4. Vratilo 4 pomera pritisak ulja koje se doводи u jedan od hidrauličkih cilindara 3 ili 9. Cilindri su, istovremeno, i klizni ležajevi.

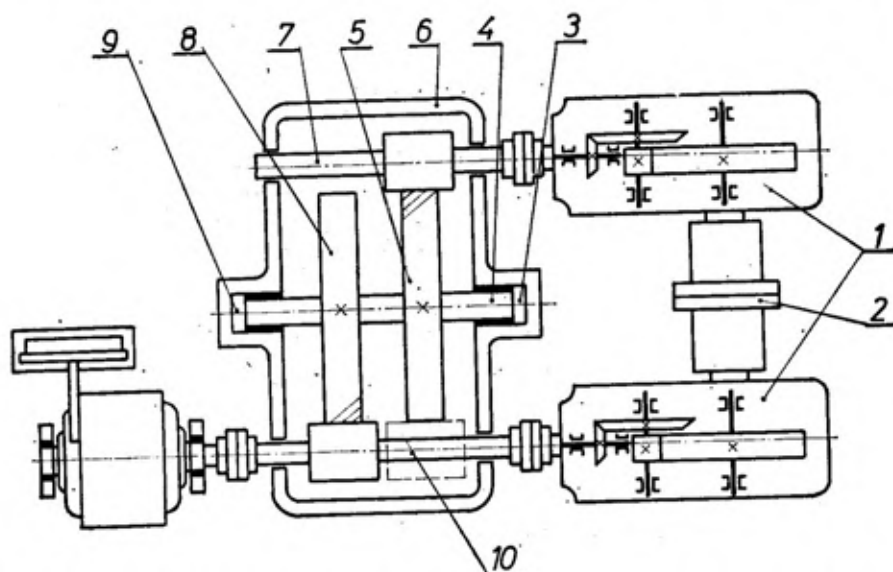
Tipičan uređaj sa zavojnom hidrauličkom teretnicom prikazan je na slici 23. Zavojna teretnica sastoji se od poluteretnica 1 i 2, koje su spojene nesamokočivim navojem velikog koraka. Unutrašnja površina teretnice 2 spojena je sa vratilom kliznog ožlebljenog spoja. Opterećivanje se ostvaruje obrtanjem poluteretnica 1 i 2 pri aksijalnom pomeranju vratila 3. Aksijalno pomeranje vratila odvija se usled dovođenja ulja pod pritiskom na jednu od radnih površina (levu ili desnu) hidrauličkog cilindra 4.

Hidrauličke teretnice sa lopaticama su jednostavne konstrukcije. U kućište teretnice koja je vezana za jedan zupčanik, ugrađen je rotor sa lopaticama. Rotor je spojen sa vratilom uređaja. Pod dejstvom pritiska ulja na lopatice dolazi do zaokretanja rotora, odnosno uvijanja vratila uređaja. Pošto uvijanje zavisi od ostvarenog pritiska ulja, ostvareni momenat može se očitavati na manometru. S obzirom na to da cela teretnica rotira, njena primena je ograničena na manje brojeve

obrta, a promena opterećenja u toku rada izvodi se relativno sporo.

Za dinamička ispitivanja u zatvorenom kolu opterećenja može da se koristi obrtni hidraulički cilindar sa servoventilima.

toku rada u zatvorenom kolu potrebno je opremiti dopunskim uređajima ili instalacijama. Dopunski uređaji namenjeni su za uvođenje i izazivanje promene momenta uvijanja, što se, naj-



Sl. 22 — Uređaj sa autonomnom hidrauličkom teretnicom od zupčastih prenosioca sa kosim zupcima

Opremanjem uređaja za ispitivanje odgovarajućim hidrauličkim i pneumatskim teretnicama sa programiranim regulatorom pritiska, oni mogu biti iskorišćeni za ispitivanje zupčastih prenosioca pri promenljivim režimima opterećenja.

Korišćenje svih navedenih uređaja omogućuje ispitivanje zupčastih prenosioca sa promenljivim opterećenjem, koje može da se menja po unapred određenom zakonu, odnosno bloku opterećenja. Ovakva oprema ima visoku cenu uz relativno visoke pogonske troškove.

Načini ostvarivanja promenljivog opterećenja pri ispitivanju

Opisane mehaničke teretnice, koje svojim konstrukcionim osobinama omogućavaju promenu opterećenja u

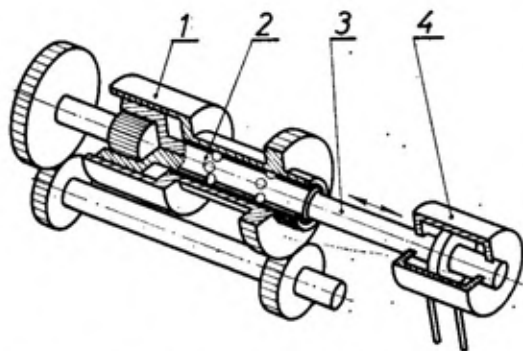
češće, ostvaruje mehaničkim, hidrauličkim ili pneumatskim putem.

Izazivanje i promena momenta uvijanja mehaničkim putem može se ostvariti:

- promenom kraka sile,
- promenom veličine sile.

Na slici 24 šematski je prikazano izazivanje promenljivog opterećenja promenom kraka sile (tereta). Opterećivanje se ostvaruje tegom 12. Promena momenta uvijanja ostvaruje se promenom kraka dejstva tereta, to jest promenom dužine kraka poluge 8. Pomeranje tega ostvaruje se pomoću navojnog vretena. Navrtka 7, pomoću vijačnice, pomera po poluzi 8 točak 11 na koji je postavljen teg 12. Pogon navojnog vretena ostvaruje se pomoću elektromotora 16, preko trapeznih kaiš-

nih prenosnika 15 i 3, planetarnog prenosnika 4, sklopa zamenljivih cilindričnih zupčanika 5 i prenosnika sa koničnim zupčanicima 6. Pomoću zamen-

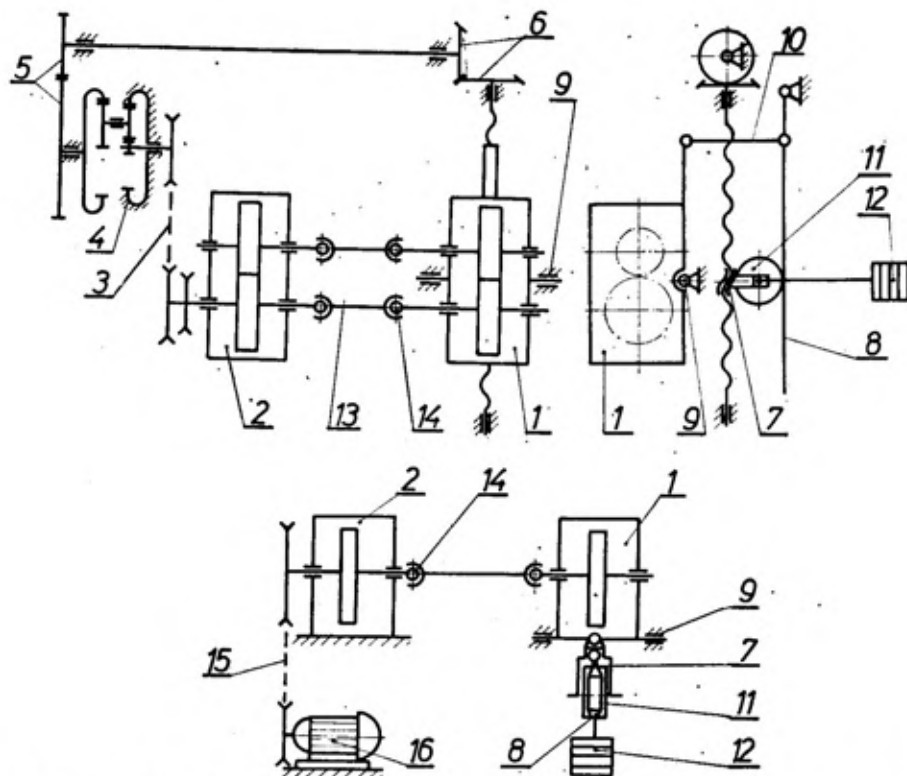


Sl. 23 — Uređaj sa zavojnom hidrauličkom teretnicom

ljivih zupčanika 5 moguće je ostvarivanje različite brzine kretanja točka 11, a samim tim i različite brzine porasta momenta uvijanja. Primenom elektromotora sa konstantnim brojem obrtaja postiže se linearna promena momenta uvijanja u zatvorenom kolu opterećenja. Ukoliko bi se primenio elektromotor sa regulacijom broja obrtaja, brzina kretanja tega mogla bi se regulisati po određenom zakonu.

Na slici 25 šematski je prikazano izazivanje promenljivog opterećenja pomoću promene ugiba, odnosno veličine sile.

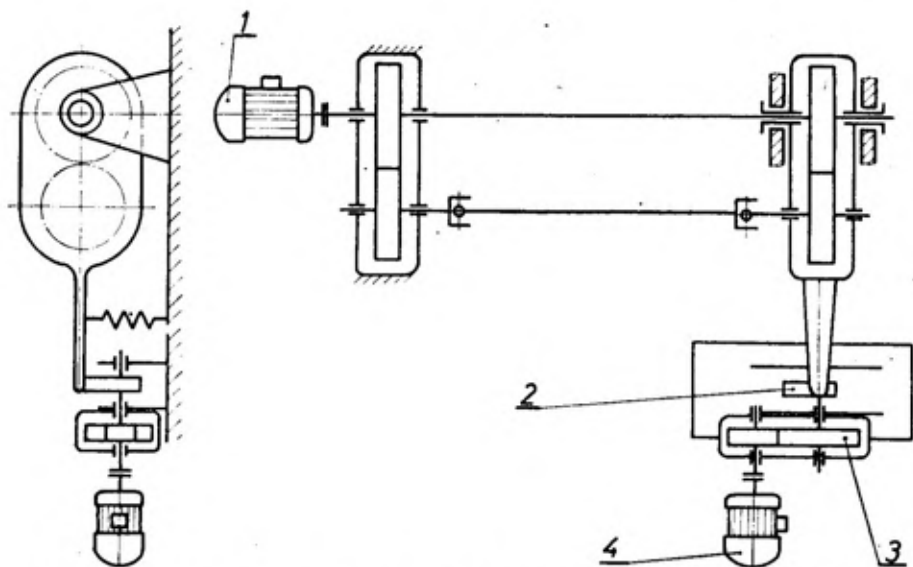
Uzimajući u obzir da je moment uvijanja srazmeran ugibu, željeni blok opterećenja može se ostvariti određenim oblikom bregaste ploče 2. Broj



Sl. 24 — Uređaj za izazivanje promenljivog opterećenja promenom kraka sile

promena opterećenja određenog nivoa zavisi od broja obrtaja pogonskog elektromotora 1 i brzine obrtanja bregaste ploče 2. S obzirom na veličinu bloka opterećenja potrebno je da se bregasta ploča 2 vrlo sporo obrće. To nameće primenu prenosnika 3 sa vrlo velikim prenosnim odnosom i pomoćnog elektromotora 4 sa malim brojem obrtaja.

cilindra, praktično izjednačuje ostvarenu i zadatu vrednost sile. Signal zadate vrednosti sile može, pomoću električnog napona, da vremenski bude konstantan ili promenljiv. Kao davač signala zadate vrednosti može se koristiti generator funkcije, programator sa bušenom trakom, digitalni računar ili uređaj sa magnetnom trakom.



Sl. 25 — Uređaj za izazivanje promenljivog opterećenja promenom veličine sile

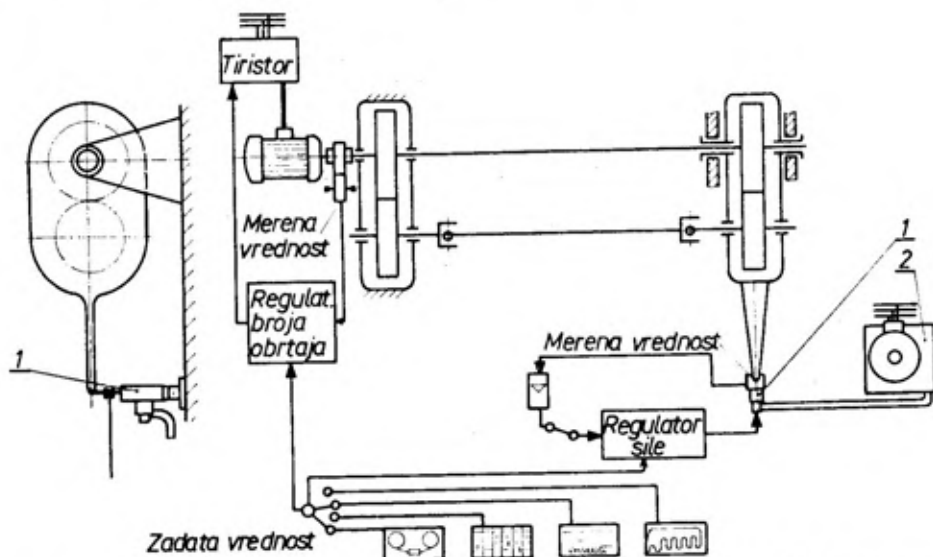
Hidraulički uređaj za izazivanje promene opterećenja u zatvorenom kolu prikazan je na slici 26. Hidraulički cilindar sa servoventilima 1, koji napaja hidraulički agregat 2, izaziva određenu silu na poluzi. Veličina ostvarene sile na poluzi kontroliše se pomoću merne trake. Preko odgovarajućeg pojačavača ovaj signal se uvodi u elektronski regulator, koji upoređuje ostvarenu (merenu) i zadatu vrednost sile. Regulator, na osnovu razlike ostvarene i zadate vrednosti sile, upućuje signal na servoventil, koji propušta veću ili manju količinu ulja. Na taj način servoventil, preko hidrauličkog

Ovde je prikazana i mogućnost regulacije broja obrtaja preko tiristora ili sličnog električnog uređaja. Signali za zadate brojeve obrtaja mogu se dobiti slično kao i za zadatu silu, na primer, sa magnetne trake.

Dodatni uređaji za izazivanje promenljivog momenta uvijanja, pogotovo ako se želi promena po unapred zadatom zakonu, odnosno bloku opterećenja, složeni su, a samim tim i skuplji. Osim toga, i pogonski troškovi mogu da budu vrlo visoki (utrošak električne energije, utrošak vode za hlađenje hidrauličkog agregata, i drugo).

Primenom hidrauličkog načina opterećivanja, uz odgovarajuću dodatnu opremu, praktično je moguće ostvariti svaki željeni blok opterećenja.

ispitivanje vrlo brzih i srednje brzih prenosnika ($n \geq 3000$ o/min) sa opterećivanjem u toku rada (slike 20 do 23) ili sa ravnomernim porastom brzine do



Sl. 26 — Hidraulički uređaj za izazivanje promenljivog opterećenja u zatvorenom kolu

Konstrukcije uređaja za ispitivanje zupčastih i pužnih prenosnika koje se preporučuju

Velika raznolikost uređaja pretpostavlja mogućnost izbora optimalne konstrukcije za potrebne uslove ispitivanja.

Za ispitivanje brzhodnih prenosnika ($n > 6000$ o/min) svrsishodno je koristiti jednokućišne uređaje sa zatvorenim kolom opterećenja i malom masom obrtnih elemenata. Primena kliznih ležajeva omogućava uprošćavanje teretnica, ukoliko se oni istovremeno koriste i kao hidraulički cilindri za aksijalno pomeranje cilindričnih zupčanika sa kosim zupcima (princip korišćen na uređaju prikazanom na slici 22).

Uređaji sa dva kućišta su jednostavniji za izradu. Preporučuju se za

nominalne. Ovi prenosnici mogu biti ispitivani i na uređajima sa predopterećenjem, sa malogabaritnim lakim spojnicama, koje imaju priрубnice radi povećanja pouzdanosti sklapanja.

Za ispitivanje prenosnika sa malim brzinama ($n < 1500$ o/min) mogu biti primenjeni svi tipovi uređaja sa zatvorenim kolom opterećenja. Od uređaja sa zatvorenim kolom opterećenja sa opterećivanjem u toku rada, preporučuju se uređaji sa obrtnim kućištem (slika 15), ili uređaji sa prostim navojnim teretnicama (slike 12 i 14). Za podešavanje zahtevanog opterećenja ili promenu smera cirkulacije snage u zatvorenom kolu uređaja sa predopterećenjem, pogodne su pužne teretnice (slika 10). Međutim, njihova neuravnoteženost ograničava brzinske mogućnosti uređaja.

Opterećivanje po zadatom programu izuzetno brzih prenosnika ostvaruje se promenom pritiska ulja u hidrauličkom cilindru, a kod uređaja sa obrtnim kućištem pomoću bregastog mehanizma.

Određivanje zagrevanja zupčastih prenosnika može se ostvariti na uređajima sa zatvorenim kolom opterećenja.

Smanjenje površine, potrebne za postavljanje uređaja, postiže se vertikalnim postavljanjem vratila (sika 13).

Zaključak

Postojanje velikog broja različitih uređaja za ispitivanje zupčastih prenosnika omogućava izbor optimalne konstrukcije za zahtevane uslove ispitivanja.

Uređaji sa zatvorenim kolom opterećenja primenjuju se u ispitivanju prenosnika za koje su potrebni veliki obrtni momenti. Ovi uređaji su ekonomični samo pri dužim ispitivanjima, kao što su ispitivanja veka trajanja prenosnika. Konstrukcija uređaja sa zatvorenim kolom opterećenja je složenija od konstrukcije uređaja sa kočnicom.

U praksi su zupčasti prenosnici često remontovani sklopovi. Većina zupčanika koji se ugrađuju u menjače, reduktore, bočne prenosnike, diferencijale, planetare i slično, zahteva prethodno međusobno uparivanje. Time se povećava njihov vek trajanja, remontovani prenosnik ima ravnomerniji i sinhronizovaniji rad, manje je bučan, itd. Uparivanje se može vršiti na gotovo svim navedenim uređajima za ispitivanja, a iz ekonomskih razloga preporučuje se konstrukcija i izrada jednostavnijih uređaja.

Literatura:

- [1] Adam, J. I., Ovumjan, G. G.: Spravočnik zuboreza, »Mašinstroenije«, Moskva, 1964.
- [2] Artoboljevskij, I. I.: Teorija mehanizmov i mašin, »Nauka«, glavna redakcija fiziko-matematičkoj literaturi, Moskva, 1968.
- [3] Bazanjac, D.: Nauka o čvrstoći, »Tehnička knjiga«, Zagreb, 1973.
- [4] Veriga, S.: Mašinski elementi III, Mašinski fakultet, Beograd, 1984.
- [5] Vitas, D. J., Trbojević, M. D.: Mašinski elementi III, »Naučna knjiga«, Beograd, 1981.
- [6] Grib, V. V., Lazarev, G. E.: Laboratorije ispitivanja materijalov na trenje i iznos, »Nauka«, Moskva, 1968.
- [7] Đukić, V., Majstorović, A.: Ispitivanje mašinskih materijala, »Naučna knjiga«, Beograd, 1986.
- [8] Zablonskij, K. I.: Zubčatje predači, »Tehnika«, Kiev, 1977.
- [9] Zuboreznij instrument, »Stankoimport«, Moskva.
- [10] Ivanov, M. N.: Detalji mašin, »Visšaja škola«, Moskva, 1967.
- [11] Iosilević, G. B.: Detalji mašin, »Mašinstroenije«, Moskva, 1988.
- [12] Judin, V. A., Petrokas, L. V.: Teorija mehanizmov i mašin, »Visšaja škola«, Moskva, 1977.
- [13] Kuklin, N. G., Kuklina, G. S.: Detalji mašin, »Visšaja škola«, Moskva, 1987.
- [14] Litvin, F. L.: Rasčet i konstruirovanje mehanizmov i detaljev priborov, »Mašinstroenije« — Leningradskoje otdeljenije, Leningrad, 1975.
- [15] Mijatović, D.: Osvrt na metode ispitivanja zupčastih parova sa promenljivim opterećenjem, Zbornik radova naučno stručnog skupa o zupčanicima i kliznim ležajevima održanog u Zagrebu od 22—24. 01. 1976, Zagreb, 1976.
- [16] Oberšmit, E., Jurjević, Z., Opalić, M.: Ispitivanje stožastih zupčanika sa zakrivljenim zupcima (eloidni zupčanici) na zaribavanje i trošenje (habanje), Zbornik radova naučno stručnog skupa, Zagreb, 1976.
- [17] Rešetov, D. N.: Detalji mašin, »Mašinstroenije«, Moskva, 1989.
- [18] Rešetov, D. N.: Mašini i stendi dija ispitivanja detaljev, »Mašinstroenije«, Moskva, 1979.
- [19] Savić, Z.: Inženjersko mašinski priručnik, elementi mašinskih konstrukcija, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1987.
- [20] Savić, Z.: Mašinski elementi, Mašinski fakultet, Beograd, 1974.
- [21] Tajc, B. A.: Proizvodstvo zubčatih koles, »Mašinstroenije«, Moskva, 1990.
- [22] Tanasijević, S.: Osnovi tribologije mašinskih elemenata, »Naučna knjiga«, Beograd, 1989.
- [23] Hrušov, M. M.: Laboratorije metodi ispitivanja na iznašivanie materialov zubčatih koles, »Mašinstroenije«, Moskva, 1966.
- [24] Winter, H.: Die wesentlichen einfluss auf die tragfähigkeit von Zahnradgetrieben, Dresden, 21—23. November, 1983.
- [25] Standardi: GOST, DIN, ISO i JUS.

SAVREMENI DIGITALNI SISTEMI PRENOSA I DIGITALNA MREŽA SA INTEGRISANIM USLUGAMA

Jedan od glavnih trendova razvoja telekomunikacija danas je ISDN-digitalna mreža sa integrisanim uslugama. Brojne su službe koje ona integriše. Za efikasan, siguran i ekonomičan rad ISDN-a veoma bitnu ulogu imaće sistemi prenosa. Sistemi prenosa moraću biti tako koncipirani da podrže i uskopojasni (integracija službi na bazi protoka od 64 kbit/s) i širokopojasni (integracija službi za koje se zahteva protok preko 150 Mbit/s) ISDN.

Postojeći sistemi prenosa su analogni i digitalni. Digitalni sistemi prenosa su na bazi PDH hijerarhije. Usvojeni su i standardi sinhronne digitalne lizerarhije — SDH. Sistemi prenosa, s obzirom na medijum prenosa, različiti su: za rad po simetričnim, koaksijalnim i optičkim kablovima, radio-relejni sistemi i sistem mobilne telefonije.

Analizirane su plesiohrona i sinhrona digitalna hijerarhija i data je kratka analiza digitalnih sistema prenosa na bazi primene u budućoj ISDN mreži.

Uvod

Digitalna mreža sa integrisanim uslugama — ISDN (Integrated Services Digital Network), zamišljena je tako da integriše više telekomunikacionih službi u okviru jedne telekomunikacione mreže, kako na bazi govornih, tako i negovornih poruka.

Definisani su pojmovi uskopojasne ISDN i širokopojasne ISDN. Uskopojasna ISDN mreža podržava integraciju službi na bazi protoka 64 kbit/s ili nekog multipla ovog protoka. Međutim, uskopojasna ISDN ne omogućava opsluživanje svih potrebnih službi kao što su: prenos TV signala, video telefonija, i dr. Opsluživanje ovih službi treba da omogući širokopojasna ISDN, a i drugih za koje je potreban protok 150 Mbit/s, pa i veći.

Telekomunikacione usluge koje nude ISDN mogu biti:

- usluge prenosa (na bazi komutacije kanala i komutacije paketa),
- teleservisi (telefonija, teleks, telefax, mixed mode, videotex...),
- dodatne usluge (ne mogu se ponuditi samostalno).

Dodatne usluge, koje omogućava ISDN, mogu biti:

CLIP — identifikacija pozivajućeg pretplatnika;

AOC — obaveštenja o tarifi za vreme poziva;

CW — mogućnost da pozivajući pretplatnik A koji razgovara sa pozvanim pretplatnikom B bude informisan (zvučno ili vizuelno) o dolaznom pozivu od pretplatnika C. Pri tome pretplatnik A može odgovoriti ili ignorisati dolazni poziv od pretplatnika C ili se nazmenično prebacivati sa jednog poziva na drugi;

TP — mogućnost da korisnik pomena terminal za vreme uspostavljenog poziva od jednog priključka do drugog u okviru instalacije;

CFU — mogućnost pretplatnika da preusmeri sve dolazne pozive na njegov interfejs na drugi željeni broj;

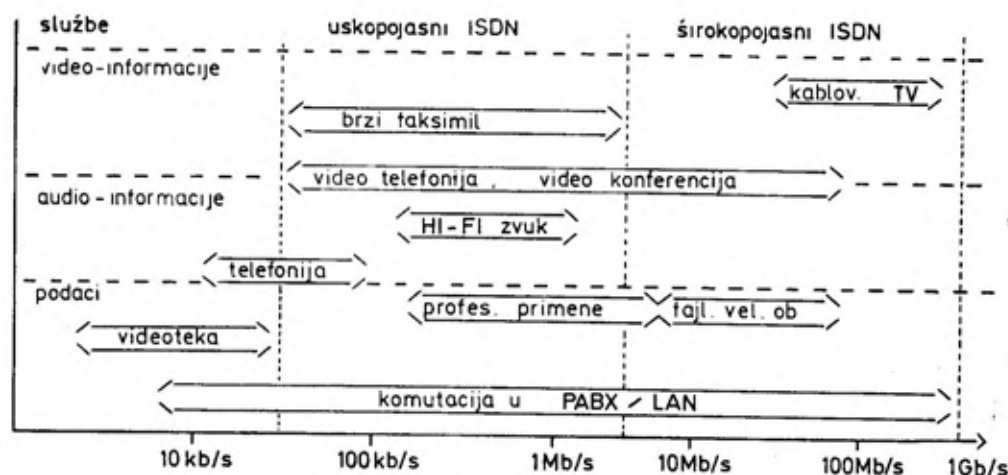
CD — mogućnost korisnika da se poziv ponuđen njegovom terminalu usmeri na drugog pretplatnika;

3TPY — konferencijska veza sa tri učesnika;

- LSS** — mogućnost da korisnik ima prioritet pri odlaznim pozivima i u uslovima visokog saobraćaja;
- SRn** — zabrana biranja pojedinih pravaca;
- MCI** — mogućnost da pretplatnik za vreme poziva ili na kraju po-

ziva zahteva identifikaciju dolaznog poziva.

Na slici 1 prikazane su telekomunikacione službe u zavisnosti od širine propusnog opsega mreže [3]. Sve službe su svrstane u tri grupe: za prenos video-informacija, audio-informacija i podataka.



Sl. 1 — ISDN službe u funkciji protoka

Može se uočiti da su za kompletnu realizaciju ISDN mreže potrebni digitalni prenosni sistemi velikog protoka i sa specifičnim karakteristikama.

Plesiohrona hijerarhija vremenskog multipleksiranja i ISDN

U postojećim digitalnim telekomunikacionim sistemima komutacija i prenos su bazirani na plesiohronoj hijerarhiji vremenskog multipleksiranja — PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy). Digitalni signali su plesiohroni kada su njihovi protoci nominalno jednaki, ali mogu i da odstupaju od nominalne vrednosti u okviru specificiranih granica (npr. $\pm 50 \cdot 10^{-6}$ za protoke od 2048 kbit/s) [2].

Postoje dve varijante za formiranje digitalnih signala i to tzv. *američka*, bazirana na protoku od 1554 kbit/s (24 kanalna) i *evropska* sa protokom od 2048 kbit/s (30 kanalna). Na osnovu toga nastale su i dve nezavisne hijerarhije vremenskog multipleksiranja.

U tabeli 1 prikazani su hijerarhijski nivoi vremenskog multipleksiranja sa odgovarajućim protocima bita.

Jugoslavija je, sa ostalim evropskim zemljama, prihvatila varijantu sa osnovnim protokom bita od 2048 kbit/s, pa će ova varijanta biti osnova za dalje razmatranje.

Na slici 2 prikazana je uprošćena blok-shema digitalnih multipleksnih uređaja PDH hijerarhije.

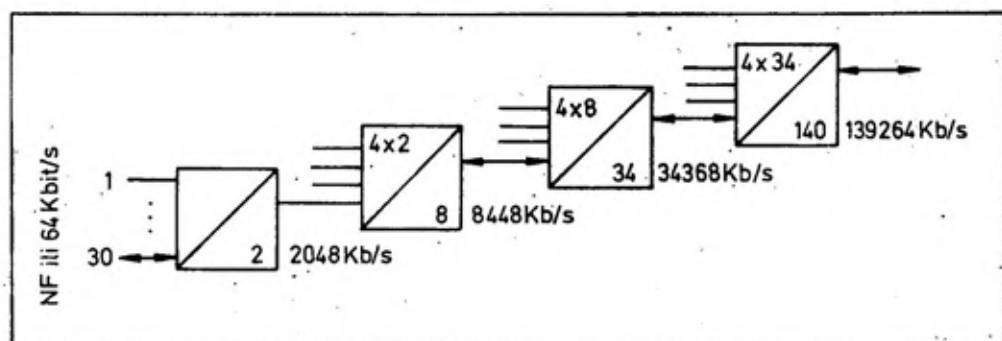
Tabela 1

Hijer. nivo	Protok bita (kbit/s)		Broj telefon. kanala
	Japan	USA i ostale zemlje	Evropa i ostale zemlje
	64	64	64
1	1544/24	1544/24	2048/30
2	6312/96	6312/96	8448/120
3	32064/480	44736/672	34368/480
4	97728/1440	274176/4032	139264/1920

— 16 ramova jednog multirama numerisani su od 0 do 15;

— kanalski vremenski intervali 0 koriste se za prenos sinhronizacije rama, alarmnih kriterijuma, povećani nadzor grešaka, i dr.;

— biti Si u kanalskom vremenskom intervalu 0 treba da se koriste u CRC postupku (Cyclic Redundancy Check — ciklična redundantna provera). CRC postupak ima važnu ulogu u kontroli pojave grešaka u ISDN mreži. Više o CRC postupku dato je u CCITT preporuci G. 704;



Sl. 2 — Blok šema digitalnih multipleksnih uređaja na bazi PDH

Za formiranje digitalnog signala prvog hijerarhijskog nivoa sa protokom od 2048 kbit/s (primarnog digitalnog signala) koristi se primarni multipleksni uređaj sa impulsno-kodnom modulacijom.

Najvažnije karakteristike strukture rama primarnog digitalnog signala su [1], [2], [4]:

— kanalski vremenski intervali svakog rama numerisani su od 0 do 31;

— biti svakog rama numerisani su od 1 do 256;

— biti svakog kanalskog vremenskog intervala numerisani su od 1 do 8;

— kanalski vremenski interval 16 namenjen je za prenos signalizacionih kriterijuma. Ukoliko se ne koristi za prenos signalizacionih kriterijuma može se koristiti za prenos digitalnog signala protoka 64 kbit/s.

Sekundarni digitalni signal sa protokom od 8448 kbit/s formira se u sekundarnom digitalnom multipleksnom uređaju 2/8 Mbit/s postupkom vremenskog multipleksiranja. U praksi se koriste različiti načini formiranja sekundarnih digitalnih signala, s obzirom na način vremenskog multipleksiranja i primenjeni način izravnjanja.

Jugoslavija je, kao članica CEPT-a definisala da se sekundarni digitalni signal sa protokom bita od 8448 kbit/s

formira multipleksiranjem četiri primarna digitalna signala sa protokom bita od po 2048 kbit/s [1].

U njemu je primenjen sistem pozitivnog izravnjanja. Izravnjanje se vrši u zavisnosti od odnosa protoka bita multipleksnog uređaja, u kome se vrši formiranje multipleksnog digitalnog signala, i protoka bita pritočnog digitalnog signala. Uređaj neprekidno kontroliše faznu razliku između taktova upisivanja i iščitavanja u pritočnim jedinicama multipleksa. Kada ona postane manja od unapred određenog praga utiskuje se bit izravnjanja u ram sekundarnog signala.

U ovom ramu sadržane su informacije o sinhronizaciji, nadzoru i prilagođavanju takta. Tercijarni digitalni signal (34368 kb/s) formira se multipleksiranjem četiri digitalna sekundarna signala (8448 kbit/s) u tercijarnom digitalnom multipleksnom uređaju 8/34 Mbit/s, primenjujući pri tome metod pozitivnog izravnjanja. Inače propisima ZJPTT [2] određen je digitalni multipleksni uređaj 2/8/34 Mbit/s, koji omogućava dobijanje tercijarnog digitalnog signala vremenskim multipleksiranjem kombinacije sledećih signala:

- $16 \cdot 2048$ kbit/s;
- $12 \cdot 2048 + 1 \cdot 8448$ kbit/s;
- $8 \cdot 2048 + 2 \cdot 8448$ kbit/s;
- $4 \cdot 8448$ kbit/s.

Ovaj uređaj se najčešće primenjuje, jer omogućuje veću fleksibilnost. Jedan takav uređaj je Simensov DSMX 2/34.

U kvartarnom digitalnom multipleksnom uređaju 34/140 Mbit/s, vremenskim multipleksiranjem četiri tercijarna digitalna signala protoka 34368 kbit/s dobija se kvartarni digitalni signal protoka bita od 139264 kbit/s.

Način multipleksiranja je *bit po bit*, a primenjuje se princip pozitivnog izravnjanja. Biti indikacije izravnjanja smešteni su na pozicijama 1 do 4 u

grupama II, III, IV, V i VI, a sami biti izravnjanja na pozicijama 5 do 8 u VI grupi.

Bitne karakteristike digitalnih signala PDH hijerarhije (koje su iskomplikovale tehnička rešenja za neke osnovne zahteve koje postavlja buduća ISDN mreža) su:

— postojanje dve nezavisne hijerarhije vremenskog multipleksiranja, *američke i evropske*;

— za svaki hijerarhijski nivo postoji različita struktura rama;

— jedino primarni digitalni signal (protoka od 2048 kbit/s) ima sinhronu prirodu i organizaciju rama preko bajtova;

— jedino primarni digitalni signal ima direktan pristup na digitalnu centralu preko interfejsa A, u kojoj se prospajanje vrši na nivou 64 kbit/s;

— pristup do pojedinih kanala viših hijerarhijskih protoka, odnosno odgranavanje nižih hijerarhijskih protoka, moguć je jedino posle demultipleksiranja, što usložava i poskupljuje proces, jer zahteva više multipleksne opreme;

— protoci iznad 140 Mbit/s su nestandardizovani (vezani su za odgovarajuće linijske i RR sisteme);

— mali je dodatni protok (*overhead*), tj. mali je broj službenih bita koji bi nosili informacije za nadgledanje, administraciju, održavanje i upravljanje mrežom.

Sinhrona digitalna hijerarhija i ISDN

ISDN mreža mora imati takvu konfiguraciju i organizaciju da se može lako menjati, kako bi bila efikasna i ekonomična. Pored toga, kapacitet prenosa mora biti znatno povećan. Ovakvim zahtevima umnogome će odgovoriti uvođenje sinhrone digitalne hijerarhije — SDH (Synchronous Digital Hierarchy). CCITT preporukama G.707, G.708,

G. 709 definisan je SDH standard (protoci, elementi, principi i struktura multipleksiranja, i struktura ramova).

SDH treba da omogući transport digitalnih signala različitih protoka, uključujući i PDH signale koji su specifikirani preporukama G. 702.

Osnovni nivo u SDH je signal protoka 155520 kbit/s, i označava se kao STM-1 (Synchronous Transport Module — 1) — Sinhroni transportni modul — 1.

U tabeli 2 prikazani su hijerarhijski nivoi, binarni protoci i odgovarajući nazivi SDH.

Tabela 2

Hijer. nivo	Binarni protok (kbit/s)	Naziv SDH signala
1	155 520	STM-1
4	622 080	STM-4
16	2 488 320	STM-16

Evropske zemlje su preko ETSI (European Telecommunications Standard Institute) usvojile svoju strukturu multipleksiranja, što je prikazano na slici 3 [6].

Usvojena struktura multipleksiranja je prilagođena pritočnim signalima iz evropske PDH, a omogućava i maksimalnu kompatibilnost sa ostalim re-

gionima u svetu koji ne koriste evropsku PDH.

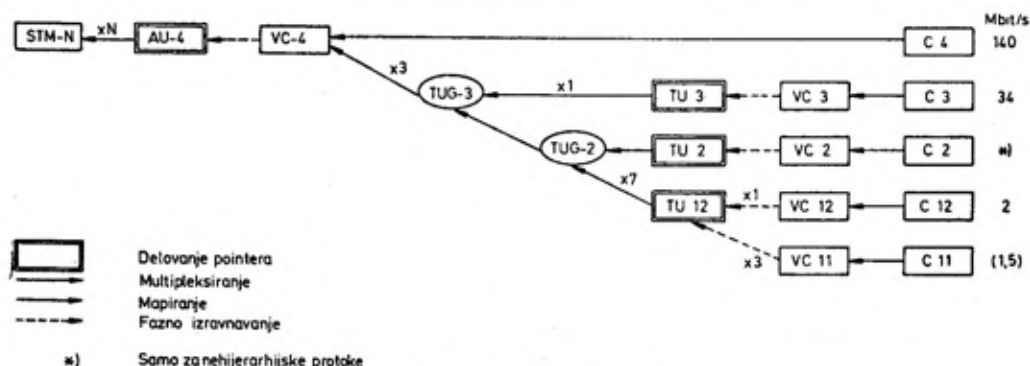
Kontejner — C (Container) jeste informaciona struktura koja formira korisni sadržaj (payload) koji se prenosi kroz SDH mrežu. Ova informaciona struktura je sinhrona na takt-mreže. U kontejner se smeštaju pritočni signali koje treba preneti kroz SDH mrežu. Ako pritočni signali nisu sinhroni, oni se mapiranjem prevode u sinhronu, pri čemu se dodaju biti popune, biti signalizacije izravnjanja, biti izravnjanja i dr.

Virtuelni kontejner — VC (Virtual container) jeste ključna informaciona struktura, preko koje se korisni sadržaj usmerava na transparentan način kroz SDH mrežu do svoje određene lokacije. Sastoji se od korisnog segmenta i zaglavlja puta — POH (Path Overhead). Virtuelni kontejneri mogu biti:

- nižeg reda VC-n ($n=11,12,2$);
- višeg reda VC-m ($m=3,4$).

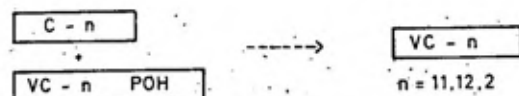
Formiranje virtuelnog kontejnera nižeg reda prikazano je na slici 4.

Pritočna jedinica — TU (Tributary Unit) jeste informaciona struktura koja ima ulogu adaptacije između slojeva puta nižeg i višeg reda. Struktura pritočne jedinice simbolično je prikazana na slici 5.



Sl. 3 — ETSI struktura multipleksiranja

Grupa pritočnih jedinica — TUG (Tributary Unit Group) može sadržati jednu ili više pritočnih jedinica. Ove pritočne jedinice zauzimaju fiksne po-



Sl. 4 — Formiranje VC nižeg reda

zicije u korisnom segmentu VC višeg reda, zbog povećanja fleksibilnosti transportne mreže.

Administrativna jedinica — AU (Administrative Unit) sadrži korisni segment (VC višeg reda) i AU pointer ko-



Sl. 5 — Formiranje pritočne jedinice

ji određuje pomak između početka rama VC višeg reda i početka STM-N rama. To je informaciona struktura koja ima zadatak da izvrši prilagođenje između sloja puta višeg reda i sloja multipleksne sekcije.

Grupa administrativnih jedinica — AUG (Administrative Unit Group) sastoji se od homogenog skupa tri AU-3 ili od jedne AU-4. One zauzimaju fiksne pozicije u korisnom segmentu.

Sinhroni transportni modul — STM-N (Synchronous Transport Module — N), $N=1,4,16$ čija je struktura prikazana na slici 6, jeste informaciona struktura čija je uloga da podrži veze na sloju sekcije u SDH mreži.

STM-N ram traje 125 mikrosekundi i organizovan je preko bajtova. Svakom bajtu odgovara protok od 64 kbit/s.

Dodatni sadržaj sekcije SOH, sastoji se od dva dela:

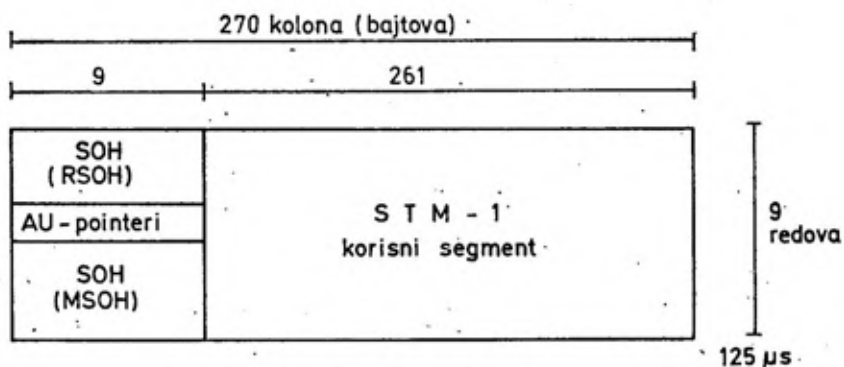
— *RSOH (Regenerator Section Overhead)* — namenjen je funkcijama regeneratorske sekcije i sadrži informacije potrebne za prenos korisnog sadržaja na regeneratorskim sekcijama;

— *MSOH (Multiplex OH)* — namenjen je funkcijama multipleksne sekcije i sadrži informacije potrebne za transport korisnog sadržaja između tačaka u kojima se vrši formiranje, odnosno rasformiranje grupe administrativnih jedinica — AUG.

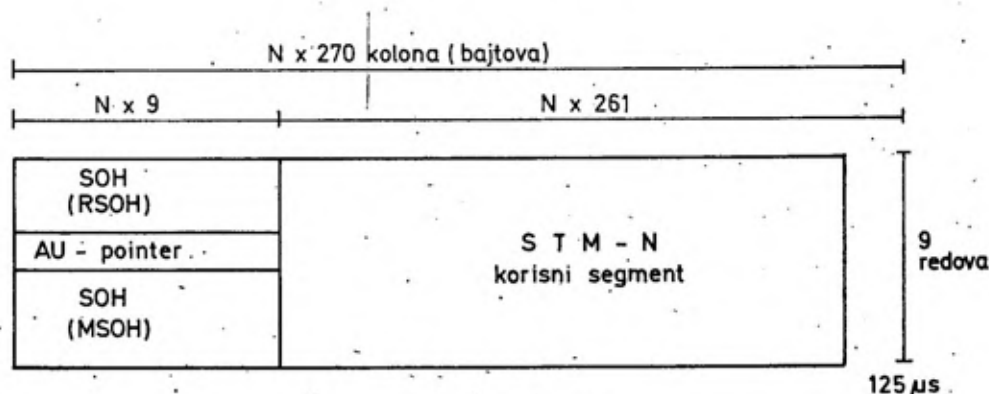
Bajtovi SOH sekcije namenjeni su: za sinhronizaciju rama (A1, A2), da označe binarnu vrednost kolone (C1), formiraju kanale za prenos podataka koji su predviđeni za potrebe upravljanja mrežom (Di), službenim kanalima koji koriste govorne komunikacije (E1, E2), za potrebe korisnika (F1 se može pristupiti na svim regeneratorima i terminalnim uređajima), kontroli grešaka na regeneratorskoj sekciji (B1) odnosno multipleksnoj sekciji (B2), za automatsku zaštitu prospajanja (Z1, Z2), prenos signala indikacije alarma AIS udaljenog alarma FERF (K2).

Dodatni sadržaj puta — POH (Path Overhead) koristi se za nadgledanje korisnog segmenta *s kraja na kraj puta* i sa korisnim segmentom prolazi kroz više slojeva transportne mreže. POH je nezavisan od sadržaja korisnog segmenta. Može se kontrolisati u svakoj tački SDH mreže radi provere ispravnosti njenog rada.

Uloga *AU-n pointera* jeste da ukaže na fazni pomeraj virtuelnog kontejnera u odnosu na referentno mesto u nadređenom ramu u koji se virtuelni kontejner smešta. To referentno mesto ima pointer.



Struktura STM-1 rama



Struktura STM-N rama

Sl. 6 — Struktura STM-1 i STM-N rama

Iako je SDH mreža u principu sinhronizovana zbog kašnjenja u prostiranju digitalnog signala, odstupanja frekvencije, razlike u frekvencijama različitih izvora takta ili greške u sinhronizaciji, SDH signali dolaze u čvor mreže sa nepoznatim faznim stavom. Znači, podređeni ram ima različitu fazu u odnosu na nadređeni ram u koji treba da se multipleksira pa virtuelni kontejner može slobodno da pluta unutar nadređenog rama, a pointer ukazuje na njegov početak. Time je omogućena jedna od osnovnih osobina SDH sistema — izdvajanje sastavnih signala određenog protoka iz multipleksnog di-

gitalnog signala bez kompletnog procesa demultipleksiranja.

U postupku formiranja digitalnih signala razlikuje se:

— *mapiranje* — postupak kojim se pritočni digitalni signal prilagođava i smešta u odgovarajući virtuelni kontejner, odnosno njegov deo radi prenosa kroz SDH mrežu;

— *multipleksiranje* — procedura kojom se više signala iz sloja puta nižeg reda prilagođava (*pakuje*) u signal sloja puta višeg reda. To je procedura kojom se više signala koji pripadaju sloju puta višeg reda prilagođava (*pakuje*) multipleksnoj sekciji.

Karakteristična su tri pojma koja ističu logičku komponentu u koncipiranju SDH mreže, a to su:

— *transmisiona mreža* — sadrži sredstva za transfer informacija (telekomunikacione uređaje i medijum preko koga se vrši prenos);

— *nivo transmisione mreže* — osnovna celina u arhitekturi transmisione mreže bazirane na SDH;

— *sloj transmisione mreže* — topološka komponenta koja se odnosi na generisanje i transfer određene karakteristične informacije.

U transmisionoj mreži JP PTT obraćaja »SRBIJA« predviđena su tri nivoa:

- nacionalni (nivo 1);
- regionalni (nivo 2);
- lokalni (nivo 3).

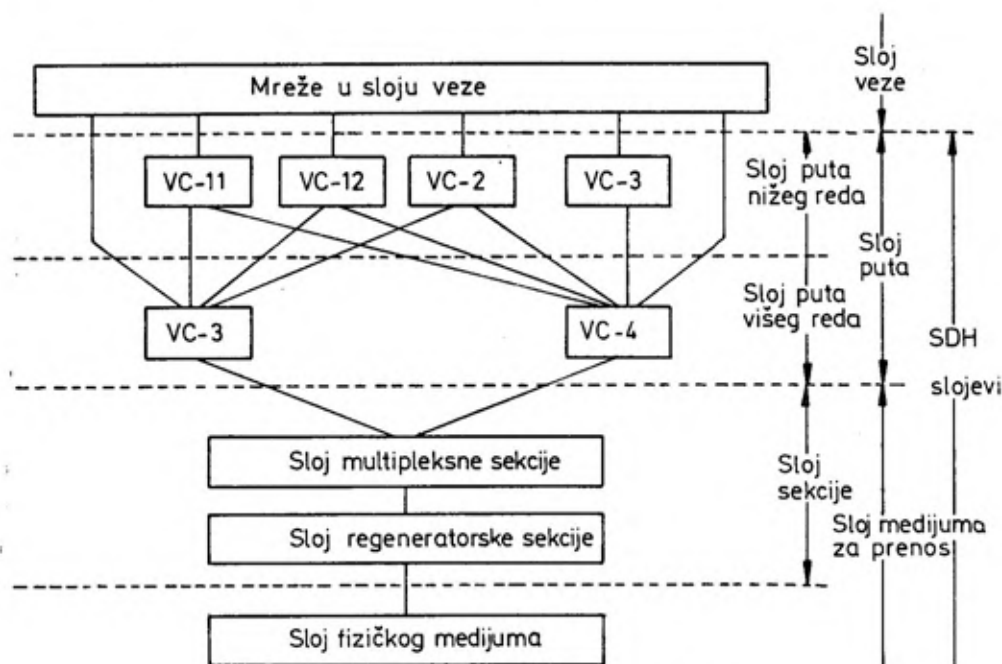
Svaki nivo transmisione mreže sadrži više slojeva transportne mreže.

Slojevitost strukture transportne mreže, bazirane na SDH, prikazana je na slici 7 [6].

Uvođenje sistema za upravljanje mrežom — TMN (Telecommunications Managment Network) je vrlo značajno. To je posebna mreža koja u više tačaka prikuplja odnosno predaje informacije od/ka telekomunikacione mreže radi upravljanja njome. Funkcije TMN-a su: transport podataka, skladištenje podataka, pristup podacima, obrada podataka, upravljanje greškom, upravljanje konfiguracijom, upravljanje performansama, upravljanje obračunom, upravljanje sigurnošću, i dr. [3].

Uvođenjem TMN-a i sinhronih digitalnih cross-connect uređaja — SDCC u čvorovima mreže, omogućiće se uspostavljanje logičkih veza kroz mrežu bez promene njene fizičke strukture.

Osnovne karakteristike sinhrona digitalne hijerarhije su:



Sl. 7 — Slojevi SDH transportne mreže

— SDH podrazumeva mrežu prenosa sastavljenu od više hijerarhijskih nivoa, koji su definisani sa aspekta protoka.

Osnovni nivo protoka je 155,528 Mbit/s (tzv. STM-1). Viši nivoi su STM-4 (622,080 Mbit/s) i STM-16 (2,488328 Gbit/s);

— multipleksiranje digitalnih signala u SDH vrši se bajt po bajt, čime je obezbeđena sinhrona priroda STM-N signala;

— kroz SDH mrežu moguć je tranzit PDH signala (vrši se asinhrono mapiranje). Nije moguć pristup njihovim sastavnim delovima (64 kbit/s i 4x64 kbit/s) bez prethodnog demapiranja i demultipleksiranja;

— kada se vrši sinhrono mapiranje bajtova, moguć je pristup digitalnim signalima protoka 64 kbit/s i $n \times 64$ kbit/s;

— SDH omogućava *skokovito multipleksiranje*, tj. direktno multipleksiranje sa 2048 kbit/s na 155,520 Mbit/s;

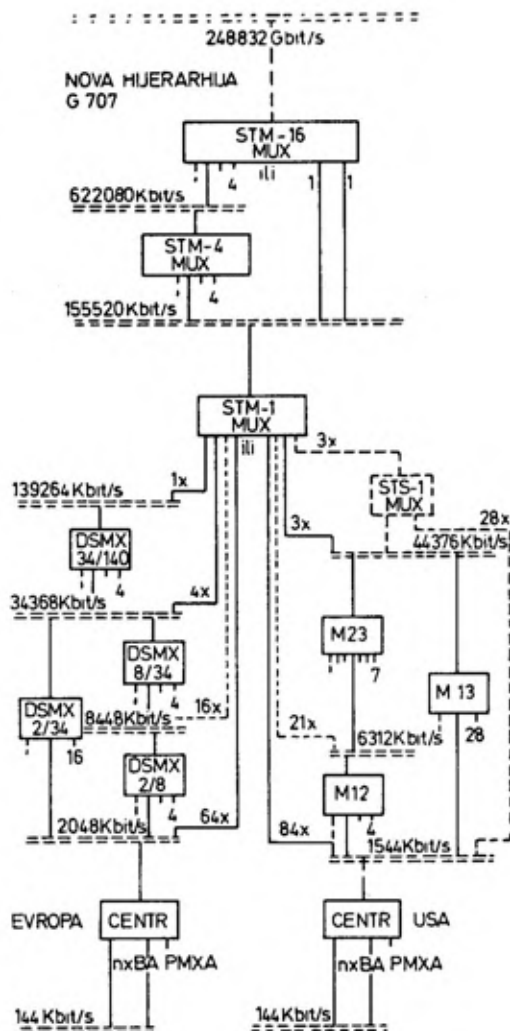
— dodatni sadržaj sekcije — SOH i pointeri omogućavaju da se sa odgovarajućim sinhronim digitalnim multipleksnim uređajima vrši prospajanje svih hijerarhijskih digitalnih signala, a i signala koji sadrže virtuelni kontejner VC-n;

— veliki kapacitet u dodatnim sadržajima sekcije SOH i puta POH pružaju mogućnost za jednostavno upravljanje i nadgledanje SDH sistema. SOH i POH obezbeđuju potrebne kanale za administraciju i upravljanje mrežom;

— moguć je prenos širokopojasnih digitalnih signala;

— SDH je jedinstven standard prihvaćen u celom svetu i može da prenosi signale iz oba postojeća PDH sistema, slika 8;

— moguć je prenos (transport) ATM-a (Asynchronous Transfer Mode).



Sl. 8 — Odnosi multipleksiranja

SDH postaje globalan sistem tj. budućnost transmissionih mreža pripada upravo sistemima koji su bazirani na SDH.

Digitalni multipleksni sistemi za potrebe ISDN

Govoreći o PDH hijerarhiji istaknuto je da se vremensko multipleksiranje digitalnih signala vrši u digitalnim multipleksnim uređajima (DMU).

Na slici 2 data je i blok-šema digitalnih multipleksnih uređaja PDH hijerarhije.

Svi uređaji ove vrste moraju biti u saglasnosti sa najnovijim CCITT preporukama.

DMU moraju biti tako koncipirani da se mogu koristiti u svim postojećim hijerarhijama vremenskog multipleksiranja, odnosno bez obzira na strukturu rama prenošenih digitalnih signala.

Sinhroni digitalni multipleksni uređaji (SDH-DMU) su u fazi razvoja bez obzira na to što su neki već proizvedeni i pušteni u probni rad.

Multipleksni uređaji, bazirani na SDH (SDH-MDU), mogu se podeliti na:

— sinhronu digitalne multiplexere;

— add/drop multiplexere — ADM (sinhroni digitalni uređaj za odgrana-

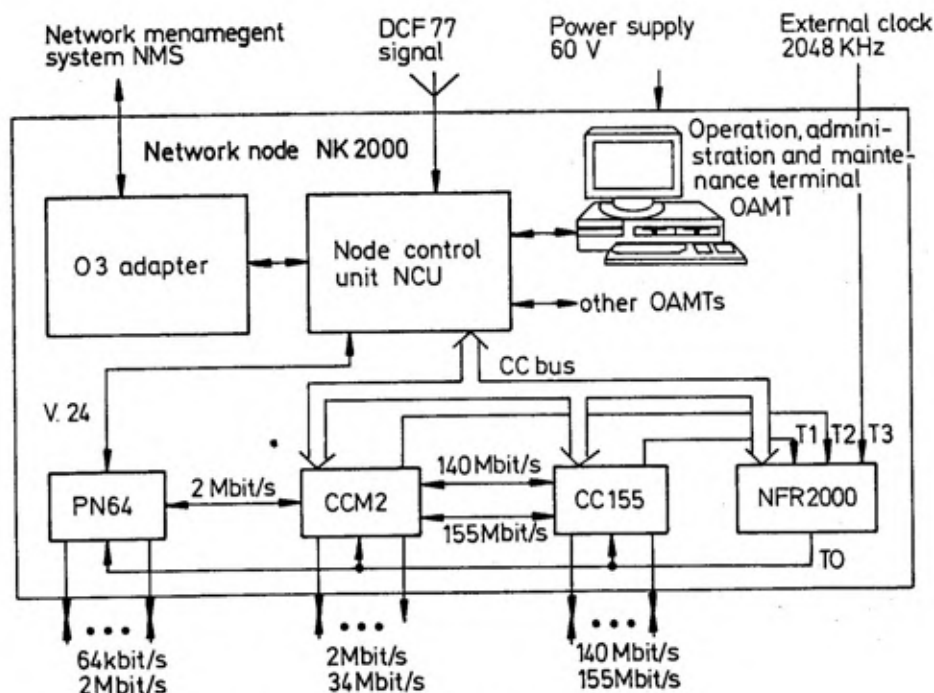
vanje sa mogućnošću ponovnog zauzimanja);

— sinhroni digitalni cross-connect uređaji (sinhroni digitalni uređaji za spajanje).

Granice između navedenih uređaja nisu oštre. Naime, kako SDH uređaji imaju modularnu strukturu, dodavanjem određenih modula može, npr. sinhroni multiplexer postati ADM, odnosno ADM postati sinhroni digitalni cross-connect uređaj. Takođe je moguće, dodavanjem određenih modula, povećati kapacitet pojedinih uređaja.

Ovakva konfiguracija navedenih uređaja omogućuje minimalno početno investiranje i kasnije optimalno povećanje troškova prilikom proširenja sistema.

U velikim telekomunikacionim centrima će se formirati mrežni čvorovi, čiji će zadatak biti povezivanje nivoa



Sl. 9 — Funkcionalna blok šema NK 2000

transmisione mreže i prospajanje signala odgovarajućih protoka. Primer je Siemensov mrežni čvor NK-2000, čiji je funkcionalni dijagram prikazan na slici 9 [11].

SDH-MDU mogu biti opremljeni portovima za SDH i za PDH signale.

Već je proizveden SDM-DMU sa protokom bita od 622,080 Mbit/s. U kasnijim fazama očekuje se proizvodnja i SDH-DMU protoka bita od 2,48832 Gbit/s.

Digitalni linijski sistemi za potrebe ISDN

Kada se govori o linijskim sistemima za potrebe ISDN-a razlikuju se linijski sistemi za međusobno povezivanje centrala i linijski sistemi za pretplatnički pristup.

U ISDN mreži predviđena su dva tipa interfejsa preko kojih će korisnici pristupati mreži:

- za bazni pristup (2B+D) (Basic Access interface);

- za primarni pristup (30B+D).

Interfejs za bazni pristup (2B+D) u skladu je sa CCITT preporukom I.430. On zahteva digitalni linijski sistem prenosa, koji može da radi po postojećim simetričnim bakarnim paricama u postojećoj pretplatničkoj mreži, slika 10. Pri tome moraju biti zadovoljene preporuke u vezi sa stepenom greške bita (G. 821) i preporuke koje se odnose na održavanje, aktiviranje, alarmiranje i dr. (G. 960 i G. 961).

Primarni pristup (30B+D) može koristiti digitalni linijski sistem po optičkim vlaknima i po postojećim bakarnim provodnicima. Interfejs prema PBX centrali je u skladu sa preporukom I.431.

Kod baznog pristupa bitska brzina je 192 kbit/s (2B kanala po 64 kbit/s = 128 kbit/s i jedan D kanal od 16

kbit/s, što je ukupno 144 kbit/s). Razlika od 48 kbit/s je upotrebljena za upravljanje nekim funkcijama na interfejsu.

Na interfejsu za primarni pristup bitska brzina je 2048 kbit/s (30 kanala B po 64 kbit/s = 1920 kbit/s i jedan D kanal od 64 kbit/s, ukupno 1984 kbit/s). Razlika od 64 kbit/s je iskorišćena za upravljanje nekim funkcijama na interfejsu [5].

Razvijen je veliki broj digitalnih linijskih uređaja za međusobno povezivanje centrala. Raznolikost se ogleda u broju proizvođača, bitskoj brzini i vrsti spojnih puteva po kojim rade ovi sistemi. Postoje sistemi koji rade po:

- simetričnim i optičkim kablovima bitske brzine 2048 kbit/s;

- optičkim kablovima bitske brzine 8448 kbit/s;

- koaksijalnim i optičkim kablovima bitskih brzina 34368 kbit/s, 139264 kbit/s i 564992 kbit/s.

Svi ovi digitalni linijski sistemi predviđeni su i odobreni za upotrebu u našoj telekomunikacionoj mreži [2].

Veliki je broj proizvođača telekomunikacione opreme koji su već razvili proizvodni program uređaja baziranih na SDH. Već su razvijeni digitalni linijski uređaji za prenos STM-4 i STM-16, a u razvoju su digitalni linijski uređaji za prenos 2,48832 Gbit/s.

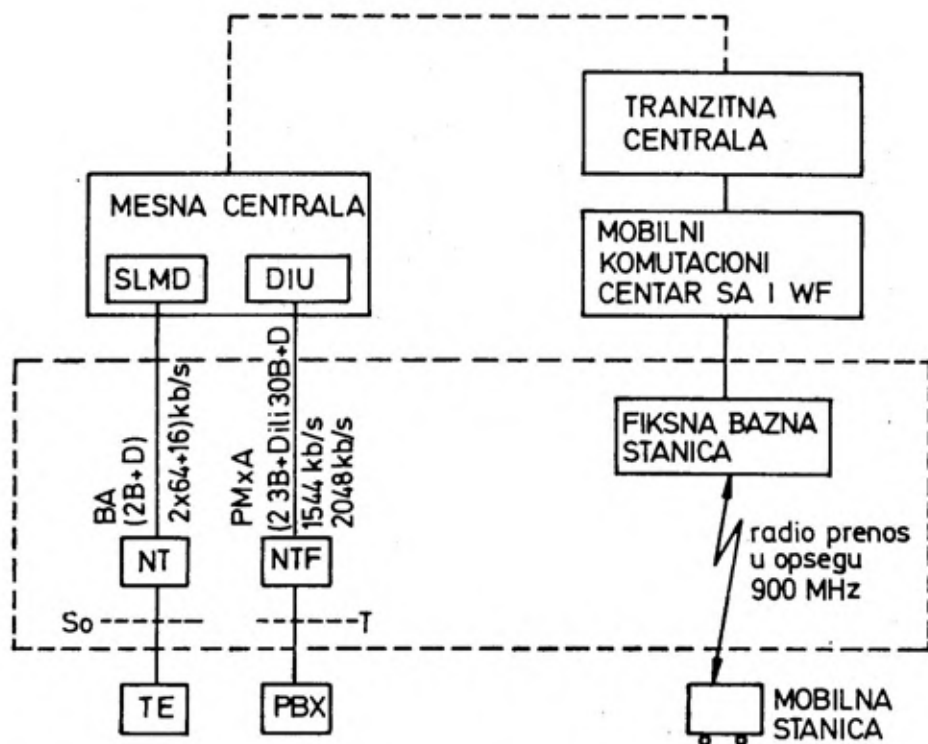
Planom uvođenja ISDN u javnu mrežu Republike Srbije predviđeno je da se transportna mreža zasniva na protoku od 622 Mbit/s [6].

Radio-relejni sistemi za potrebe ISDN

Istaknuto je da će sinhrona digitalna hijerarhija — SDH obezbediti zajedničke osnove za realizaciju digital-

ne mreže sa integrisanim uslugama — ISDH. Svakako da će optičko vlakno biti dominantan medijum prenosa u SDH mrežama. Međutim, normalno je

Kvalitet prenosa ovih sistema je u skladu sa CCITT i CCIR preporukama što se posebno odnosi na stepen greške bita.



B B-kanal
D D-kanal
DIU - jedinica digitalnog interfejsa
NTF - funkcije koje obezbeđuju međusobni rad
NT - završetak mreže
TF - ISDN terminalni uređaj

PBX PBX - centrala
PMxA - primarni pristup
BA - fazni pristup
So, T - interfejsi
SLMD - digitalni linijski pretplatnički modul

Sl. 10 — ISDN bazni i primarni pristup

da će se zahtevati i da digitalni RR sistemi prenose saobraćaj na bazi SDH.

Do sada su izgrađeni RR sistemi sledećih protoka bita: 2048 kbit/s, 2 x 2048 kbit/s, 8448 kbit/s, 2 x 8448 kbit/s, 34368 kbit/s i 139264 kbit/s.

SDH digitalni radio-relejni sistemi (SDH DRRS) biće ekonomski privlačni za primenu u sledećim slučajevima:

— u prelaznom periodu, kada su zahtevi za proširenjem mreže skromni,

pa se planiranje novih trasa za optičke kablove može odložiti;

— u ruralnim područjima, gde nije ekonomski opravdano postavljati optičke kablove.

Oblici primene SDH-DRRS koji se očekuju su:

— kao rezerva i podrška magistralnim sistemima sa optičkim kablovima koji nose SDH korisni signal;

— SDH-DRRS i sistemi sa optičkim kablom rade u tandemu;

— uspostavljanje mreže širokopoljskih usluga ISDN-a u poslovnim zonama (oblastima);

— prospajanje radio-sistema u mrežnim čvorovima sa drugim radio-sistemima ili sistemima sa optičkim vlaknom u magistralnoj mreži;

— prospajanje različitih pretplatničkih radio-sistema u radio ili sistem sa optičkim vlaknom magistralne mreže.

Osnovni zahtev koji se postavlja pred SDH-DRRS jeste da moraju biti

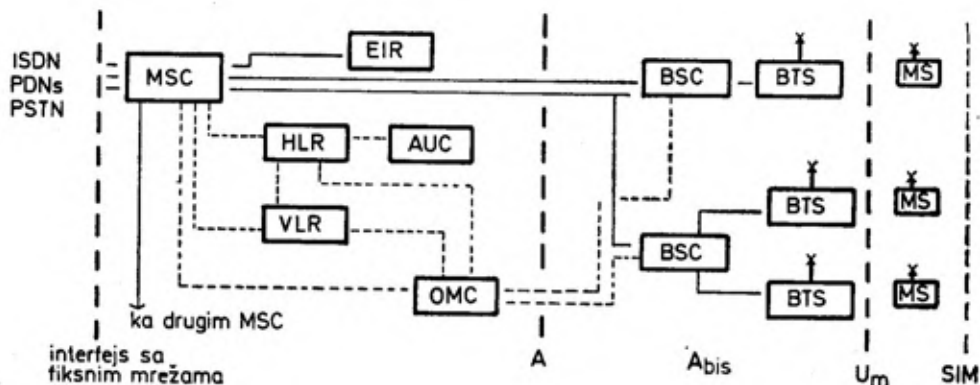
u stanju da prenose signal STM-1 (155,520 Mbit/s) ili njen celobrojni proizvod.

Mobilni radio-sistemi za potrebe ISDN

Različiti proizvođači razvili su veliki broj digitalnih mobilnih radio-sistema. Ovi sistemi razvijeni su po različitim standardima i na različitim frekvencijama.

Zbog toga su CCITT i CEPT, odnosno ETSI (European Telecommunications Standards Institute), doneli određene preporuke iz oblasti mobilne radio-telefonije. Kao rezultat toga nastao je GSM (Global System for Mobile communications). To je javni digitalni mobilni radio-sistem, jedinstven za celu Evropu, a radi u frekventnom opsegu od 900 MHz i u mogućnosti je da prenosi govorne i negovorne informacije.

Funkcionalna blok-šema GSM sistema prikazana je na slici 11 [8].



MS - mobilna stanica
BTS - bazna stanica
BSC - kontrolor bazne stanice
MSC - mobilni komutacioni centar
HLR - matični registar lokacija

VLR - registar novih lokacija
OMC - centar za rad i održavanje
EIR - registar za identitet opreme
AUC - centar za autentičnost

Sl. 11 — Funkcionalna blok šema GSM sistema

Osnovne karakteristike GSM-a:

- veliki kapacitet u odnosu na dosadašnje mobilne sisteme;

- širok opseg službi;

- veći kvalitet prenosa govora i podataka u mobilnim uslovima;

- mogućnost da mobilni pretplatnici koriste isti terminal i ostvaruju veze i kada su na teritoriji druge države — internacionalni roaming (lutanje);

- mogućnost promene frekvencije radio-kanala u toku već uspostavljenog poziva u slučaju da je kvalitet prenosa ispod unapred definisanog praga;

- mogućnost zaštite pretplatničkog identiteta, neautorisanog korišćenja, tajnosti i sigurnosti radio-komunikacija;

- primenjen je CCITT sistem signalizacije No7;

- za međusobno povezivanje elemenata GSM mreže koristiće se isključivo digitalni sistemi prenosa.

Kada je reč o povezivanju mobilnih radio-sistema na ISDN mrežu moraju se uzeti u obzir sledeće činjenice:

- da bi se obezbedio zahtevani kvalitet prenosa neophodno je uvesti FEC (Forward Error Correction) — prethodnu korekciju greške. Naime, od raspoloživog protoka od 22,8 kbit/s po kanalu, za prenos govora je predviđeno 13 kbit/s, za prenos podataka 9,6 kbit/s, a ostatak za zaštitu od grešaka;

- govorni kanali koji se prenose iz ISDN fiksne mreže ka radio-putu moraju se prevesti iz IKM oblika u RPE LTP signale (Regular Pulse Excitation Long Term Prediction — tehnika ekstrakcije regularnih impulsa uz pomoć dugotrajne predikcije);

- u slučaju adaptacije protoka bita na radio-putu takođe je potrebna konverzija od i prema fiksnoj mreži [7];

- u mobilnom komutacionom centru — MSC (Mobile Switching Center) obezbeđuje se IWF (Inter Working Functions) funkcije, a to su one koje se odnose na prenos govora i podataka.

GSM je koncipiran na bazi ISDN-a. U trenutku kada se pojedine ISDN službe budu uvodile u fiksnom delu mreže, uvodiće se paralelno i u GSM.

Mogućnost primene ISDN u sistemu veza Vojske Jugoslavije

Sistem veza Vojske Jugoslavije, kao funkcionalni sistem, morao bi na vreme da izvrši odgovarajuće pripreme, kako bi se efikasno uključio u buduću javnu ISDN mrežu, što bi, takođe, doprinelo osavremenjavanju postojećeg sistema.

Sve mogućnosti ISDN mreže neće se koristiti u sistemu veza Vojske Jugoslavije. Međutim, Vojska Jugoslavije trebalo bi da usvoji ISDN koncept iz tehničko-tehnoloških razloga i brojnih prednosti koje jedan ovakav sistem donosi.

Kada je u pitanju sistem veza Vojske Jugoslavije, mora se izvršiti analiza mogućnosti postojećeg sistema, odnosno materijalno-tehničkih sredstava i kadra koji njime rukuje. Zatim, na osnovu najsavremenijih naučno-tehničkih dostignuća u oblasti telekomunikacija i potreba rukovođenja i komandovanja, potrebno je napraviti koncept sistema koji bi posedovao veliki stepen efikasnosti, sigurnosti i tajnosti. Svakako da je potrebno predvideti i uključanje (na odgovarajućem nivou) ovog sistema u buduću javni telekomunikacioni sistem, odnosno ISDN mrežu.

Vojska Jugoslavije trebalo bi da izgradi sopstveni savremeni telekomunikacioni sistem koji će u svakom pogledu biti kompatibilan sa civilnim telekomunikacionim sistemom, a da istovre-

meno omogućiti sve potrebne specifičnosti za primenu u vojne svrhe.

Vojska Jugoslavije bi mogla nesmetano i bezbedno da koristi odgovarajuće protoke (2, 34 ili 155 Mbit/s) kroz javnu (civilnu) SDH mrežu do svih većih mesta u zemlji. To znači da za pojedine pravce ne bi morala da gradi

svoje prenosne sisteme već da koristi javnu mrežu. To bi povećalo pouzdanost i sigurnost, jer buduća SDH mreža obezbeđuje najmanje jedan alternativni put i tzv. vruću rezervu za svaki deo sistema. Pored toga, SDH mreža omogućava brz, ekonomičan i kvalitetan prenos i efikasnu zaštitu informacija.

Literatura:

- [1] Lukatela, G.: Digitalne komunikacije, Građevinska knjiga, Beograd, 1984.
- [2] Tehnički uslovi za analogne i digitalne multipleksne i linijske uređaje, ZJPTT, Beograd, 1989.
- [3] Matić, S.: Principi komutacije u telekomunikacijama, JPPTT saobraćaja SRBIJA, Beograd, 1993.
- [4] CCITT Recommendation G. 732 Primary Y PCM Multiplex Equipment for Voice Frequencies, Fascicle III. 4 of the Blue Book, Geneva, 1989.
- [5] Tomić, Z.: ISDN digitalna mreža sa integrisanim uslugama, ZJPTT, Beograd, 1992.
- [6] Čorak, V.: Sinhroni digitalni multipleksni sistemi, dipl. rad ETF Beograd, 1992.
- [7] Digitalni sistemi prenosa za potrebe digitalne mreže sa integrisanim službama, Telecom Report 11/88 (prevod Bilten telekomunikacija, ZJPTT br. 2/89).
- [8] Simić, R.: Osnovne koncepcije, mobilnog digitalnog sistema GSM, Zbornik radova TELFOR '93.
- [9] Umetak digitalnog multipleksa DSMX 2/34, Servisno uputstvo.
- [10] Synchronous Multiplexer SMA-1, Siemens.
- [11] Network Node NK 2000, Siemens.
- [12] Urošević, P.: Perspektive uvođenja ISDN u javnu mrežu Republike Srbije, Telekomunikacije br. 1/93.

ZAŠTITA OČIJU OD SVETLOSNOG BLESKA NUKLEARNE EKSPLOZIJE

Opisana su sredstva za zaštitu očiju od svetlosnog bleska visokog intenziteta i kratkog trajanja, zasnovana na olovo-lantan-cirkonijum-titanatnoj keramici-PLZT i fotohromnim materijalima krizenu i koronenu. Prikazana je tehnologija dobijanja tih sredstava, kao i rezultati ispitivanja njihovih osnovnih funkcionalnih karakteristika.

Uvod

Razvoj taktičkog nuklearnog oružja i sve šira primena lasera u vojne, pa i civilne svrhe čini rešavanje problema zaštite očiju od svetlosnog zračenja tih izvora veoma aktuelnim.

Oštećenje oka izloženog svetlosnom zračenju velikog intenziteta može se manifestovati kao privremeno slepilo, trajno oštećenje pojedinih delova oka ili kao trajni gubitak vida. Stepenu oštećenja oka izazvan svetlosnim bleskom nuklearne eksplozije (NE) zavisi od veličine svetlosnog impulsa koji je u funkciji snage nuklearnog oružja, vrste eksplozije, konfiguracije terena, rastojanja od centra eksplozije, atmosferskih uslova, doba dana u trenutku eksplozije i drugog.

Stepen oštećenja oka izazvan laserskim zračenjem zavisi od intenziteta udarnog laserskog zračenja, trajanja impulsa, vremenskog intervala između impulsa, talasne dužine zračenja, gustine energije laserskog snopa i, ako je zračenje reflektovano, od karaktera refleksionih površina.

Kratkotrajni zaslepljujući svetlosni blesak jedan je od efekata NE. Neposredno posle svetlosnog bleska, u centru eksplozije stvara se usijana svetle-

ća oblast — vatrena lopta, čija je temperatura nekoliko miliona stepeni. Obe pojave pripadaju tzv. termičkom dejstvu NE, kojim se oslobađa od 30 do 40% ukupne energije NE. Termičko zračenje sadrži, pored vidljivog, i ultraljubičasto (UV) i infracrveno (IC) zračenje.

Trajanje prve faze trenutnog dejstva — svetlosnog bleska, meri se hiljaditim delovima sekunde, a sam početak mikrosekundama. Značajna karakteristika te faze jeste velika brzina odvijanja pojave, koja znatno prevazilazi brzine treptajnog refleksa oka. Zbog toga mogu nastati trajna oštećenja vida ili privremeno slepilo kao funkcionalno oštećenje.

Druga faza svetlosnog zračenja traje znatno duže, i direktno je proporcionalna snazi eksplozije (svetlost vatrene lopte pri nuklearnim eksplozijama jačine 3, 10, 30 i 100 kT traje 1,4; 2,2; 3,1 i 4,6 sekundi). Intenzitet te svetlosti prevazilazi intenzitet svetlosti Sunca. U toj fazi se emituje oko 99% toplotne energije nuklearne eksplozije.

Zaštita očiju jedan je od glavnih činilaca koji utiče na borbenu sposobnost pojedinih specijalnosti pripadnika oružanih snaga.

Zaštita očiju od svetlosnog bleska NE

Svetlosno zračenje NE ima znatno veći radijus opasnog dejstva od ostalih efekata (udarnog, toplotnog i radijacionog). Ta razlika je naročito izražena noću. U tabeli 1 prikazana su upoređenja rastojanja na kojima kod nezaštićenog ljudstva nastaje privremeno slepilo s rastojanjima ostalih efekata, izraženim u metrima.

Tabela 1

Jačina NE (kT)	Svetlosni blesak		Toplotno dejstvo	Udarno dejstvo	Primarno radijaciono dejstvo
	danju	noću			
10	7000	14000	3000	1800	1350
30	10500	21000	3800	3000	1650
100	16000	32000	6300	4200	1950

Prikazana rastojanja odnose se na minimalne efekte: pri toplotnom dejstvu — opekotine prvog stepena; pri udarnom dejstvu — laki gubici (nadpritisak od 0,18 do 0,25 bar), a pri radijaciji — ozračenje početnim zračenjem do 1 Gy. Pri tome, treba uzimati u obzir činjenicu da se udarno, pa i toplotno dejstvo može izbjeći brzim zaklanjanjem, koje je u borbenim uslovima ostvarljivo. Svetlosni blesak, međutim, nije moguće izbjeći, jer zatvaranje očnih kapaka traje oko 0,15 s, što je oko 300 puta sporije od svetlosnog bleska. Prema tome, prirodnim mehanizmom ne može se sprečiti prodor svetlosnog, UV i IC zračenja u unutrašnjost oka.

Veliki intenzitet i radijus dejstva svetlosnog bleska NE može dovesti ne samo do onesposobljavanja nezaštićenog ljudstva nego i do velikih gubitaka materijalno-tehničkih sredstava (MTS). Vozači borbenih i neborbenih vozila, piloti, kormilari plovnih objekata i drugi zaslepljeni gube mogućnost upravljanja, što može usloviti oštećenje ili gubitak sredstava.

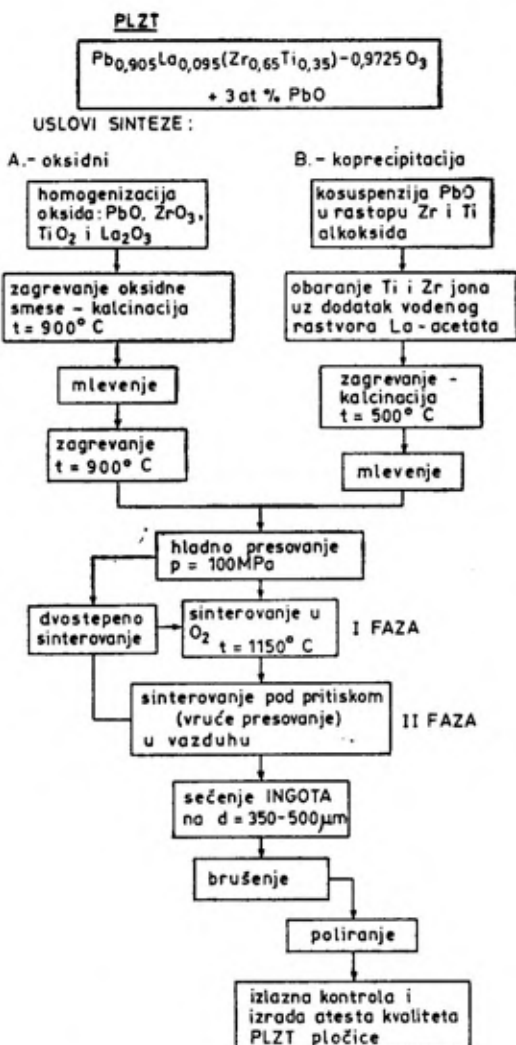
Pojačanju efekta svetlosnog impulsa znatno doprinosi i refleksija svetlosti od okoline (sneg, kamen, zidovi zgrada i sl.). Ljudstvo koje koristi optičke instrumente, izlaže se dodatnoj opasnosti zbog osobine optike da koncentriše svetlosno zračenje na malu površinu, proporcionalno kvadratu uveličavanja instrumenta.

Pripadnici oružanih snaga određene specijalnosti, čije je obavljanje zadataka uslovljeno neprekidnim osmatranjem, moraju imati stalnu zaštitu. To su, pre svega, lica koja upravljaju dinamičkim sistemima (piloti, vozači, manipulatori), čija bi i kratkotrajna nesposobnost mogla da dovede do teških materijalnih i drugih posledica. Kvalitet zaštite, koji se u tom slučaju izražava brzinom reakcije na svetlosni blesak, zaštitnom moći za vreme bleska i brzinom regeneracije zaštitnog sredstva nakon prestanka delovanja zračenja, mora biti veći nego kod ostalih specijalnosti, čiji pripadnici obavljaju svoje dužnosti na mestu, i gde se dozvoljava prekid praćenja situacije (vidnost) za relativno duži period. Zbog toga je bilo potrebno da se izrade najmanje dva tipa zaštitnih sredstava, što je i sa stanovišta ekonomičnosti veoma značajno, s obzirom na znatne razlike u njihovoj ceni.

Sredstva za zaštitu očiju od svetlosnog bleska NE

Na osnovu potreba i postojećih sredstava za zaštitu očiju od svetlosnog bleska NE, razvijena su sredstva na bazi olovo-lantan-cirkonijum-titanatne keramike (PLZT), zasnovana na elektro-optičkom principu. Aktiviraju se velikom brzinom (od 50 do 100 μ s) i u otvorenom položaju propuštaju od 15 do 20%, a u zatvorenom manje od 0,1% svetlosti. To su uređaji indirektnog dejstva, kod kojih se svetlosna energija, koja dolazi na svetlosno osetljivu fotodiodu, pretvara u električni signal, koji se dovodi u diskriminator. Diskrimina-

tor zadržava i gasi lažne signale, a propušta one koji su pobuđeni svetlosnim zračenjem NE. Propušteni signali se pojačavaju i aktiviraju sistem za optičko zatvaranje zaštitnog sredstva, koji je sastavljen od dva polarizaciona svetlosna filtra — polarizatora i analizatora. Između njih je smešten sloj specijalnog keramičkog elementa — PLZT keramike. Vreme regeneracije tih sredstava iznosi manje od 10 ms.



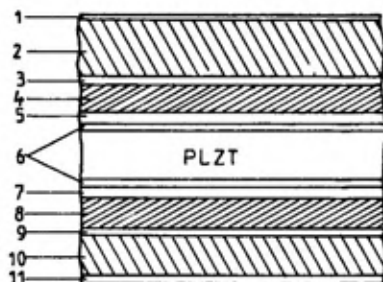
Druga grupa sredstava za zaštitu očiju od svetlosnog bleska NE bazirana je na dinamičkim fotohromnim filterima (na bazi krizena i koronena), koji se aktiviraju direktnim osvetljavanjem, odnosno aktivira ih UV svetlost [1, 2].

Olovo — lantan — cirkonijum — titanatna (PLZT) keramika

Čvrst rastvor sastava $Pb_{0,905}La_{0,095}(Zr_{0,65}Ti_{0,35})_{0,9725}O_3 + 3at\% PbO$ priprema se na dva načina — homogenizacijom oksida i koprecipitacijom, kako je prikazano na sl. 1. Osnovu postupka čini dvostepeno sinterovanje. Prvi stepen (faza I) čini sinterovanje pod pritiskom u vakuumu, a drugi (faza II) sinterovanje pod pritiskom (vruće presovanje na vazduhu). Poseban značaj ima operacija poliranja, s obzirom na to da je važno da se dobiju što transparentniji uzorci za ugradnju u elektrooptički preklopnik — attenuator svetlosnog bleska.

Koncepcija i izrada elektrooptičkog preklopnika

Osnovu elektrooptičkog preklopnika — svetlosnog attenuatora, čine PLZT keramički elemenat, kao optički deo attenuatora, prikazan na sl. 2, i elek-



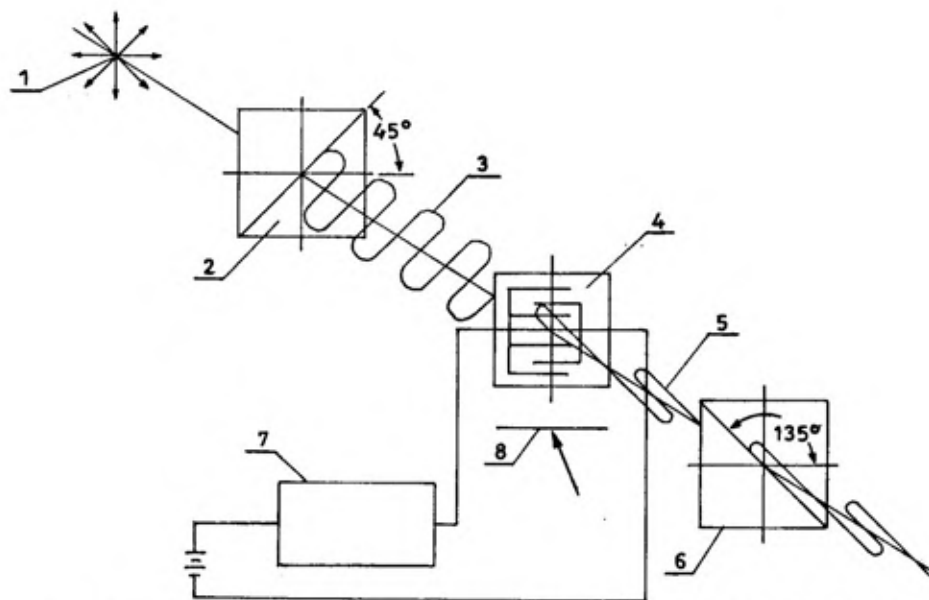
Sl. 2 — PLZT keramički element

tronski kontroler, kao elektronski deo attenuatora. Konfiguracija PLZT svetlosnog attenuatora i PLZT elektrooptičkog preklopnika prikazana je na sl. 3.

Sl. 1 — Šema dobijanja PLZT keramike

Na poliranu PLZT pločicu, debljine do 50 μm , nanete su interdigitalne elektrode od zlata postupkom vakuum-ske metalizacije ili hemijskim deponovanjem metala u gravirane kanale na keramici. PLZT pločica sa elektrodama

električnog napona na elektrodama koje su na PLZT keramici, kao i prostornog napona polarizacije u samoj keramici. Time se omogućava maksimalna brzina promene anizotropije indeksa prelamanja. Električno kolo je reali-



Sl. 3 — Konfiguracija i princip rada PLZT elektrooptičkog preklopnika

1 — nepolarizovan svetlosni izvor, 2 i 6 — polarizator, 3 — električni vektor upadne linearne polarizovane svetlosti, 4 — optičke ose, 5 — električni vektor linearne polarizovane svetlosti, 7 — kontrolno kolo, 8 — PLZT keramika

postavlja se između ukrštenih polarizatora, sa kojima je ostvaren kontakt preko silikonskog gela. Podešavanje polarizatora posebno je osetljiva operacija zbog izbegavanja kosog upada svetlosti. Polarizatori su lepkom zalepljeni tako da je jedan zalepljen za infracrveni statički filter, a drugi za borosilikatno staklo, koje čini ultraljubičasti filter [3, 4, 5]. Takvom koncepcijom optičkog dela svetlosnog attenuatora obezbeđena je atenuacija svetlosnog fluksa u ultraljubičastom i infracrvenom delu elektromagnetnog spektra svetlosnog zračenja.

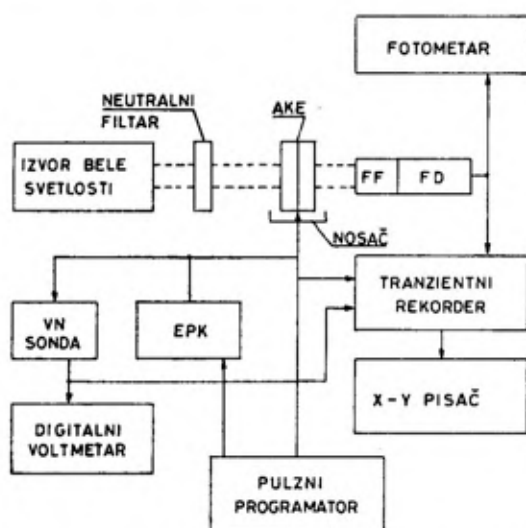
Elektronski deo attenuatora je koncipiran tako da omogućava pražnjenje

zovano korišćenjem SCR elemenata, preko tri nivoa upravljanja. Time je obezbeđena potrebna brzina prekidanja elektronskog kola, odnosno dovoljno brz prelazak elektrooptičkog preklopnika iz »otvorenog« u »zatvoreno« stanje. Elektronsko kolo je urađeno u dve varijante, i to sa i bez kontrolisanog pražnjenja [6].

Osnovne karakteristike funkcionisanja elektrooptičkog preklopnika kao prekidača — attenuatora svetlosnog fluksa, odnosno sredstva za zaštitu od jakih svetlosnih izvora, čine optička gustina u otvorenom i zatvorenom stanju i brzina preklapanja iz otvorenog u zatvoreno stanje. Ove karakteristike se

mere pomoću mernog sistema prikazanog na sl. 4.

Kao izvor svetlosti korišćen je konstantni izvor bele svetlosti za statička merenja i ksenonska bleskalica za dinamička merenja. Sva merenja su obavljena u režimu rada fotodiodnog pojačavača, u kojem se intenzitet propuštene svetlosti može limitirati na vrednost izlaznog signala fotopojčivača. Intenzitet svetlosnog izvora I_0 podešen je na vrednost koja omogućava da merni sistem registruje intenzitet propuštenog svetla u rasponu od 0 do $3 \times 10^{-3} I_0$, či-

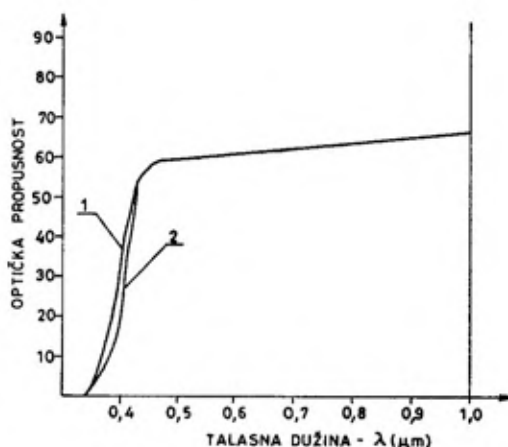


Sl. 4 — Merni sistem za određivanje funkcionalnih karakteristika PLZT keramičkog elementa

me se postiže rezolucija 10^{-4} ili optička gustina $OD=4$. U toku merenja napon na elektrooptičkom preklopniku podešen je na maksimalnu propusnost.

Na optičku gustinu u otvorenom stanju, odnosno propusnost, utiče, pre svega, aktivni keramički element. Sva-ka od komponenata utiče sopstvenom propusnom karakteristikom na ukupnu integralnu vrednost optičke gustine. Najveći uticaj ima PLZT keramika, či-ja je transparentnost (s refleksionim

gubicima) prikazana dijagramima na sl. 5 i 6. Pri tome, vidljivo je da PLZT keramika ima najveću optičku propus-



Sl. 5 — Optička propusnost PLZT keramike
1 — oksidni postupak, 2 — koprecipitacija

nost u spektralnom području od 0,4 do 0,7 μm , u kojem je i najosetljivije ljudsko oko.

Rezultati merenja optičke gustine u otvorenom stanju (OD_0), optičke gustine u zatvorenom stanju (OD_z) i vremena preklapanja prikazani su u tabeli 2.

OD_z^S — optička gustina u zatvorenom stanju pri statičkim uslovima merenja. Optička gustina je odnos upadne i propuštene svetlosti kroz elektrooptički preklopnik (EOP);

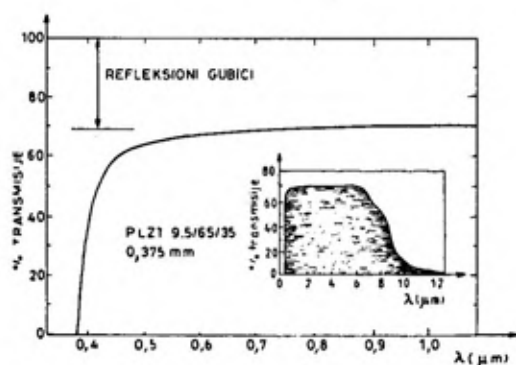
OD_z^D — optička gustina u zatvorenom stanju pri dinamičkim uslovima merenja. Vrednost je određena iz dijagrama vremenske zavisnosti propuštene svetlosti, počev od trenutka aktiviranja preklopnika;

(1) — vreme preklapanja. Izračunava se kao vreme za koje op-

Tabela 2

Rezultati merenja OD_0 , OD_z i vremena preklapanja

EOP	OD_0	OD_z^s	OD_z^D	Vreme preklapanja($^{\circ}$) (μ s)	Ukupno vreme preklapanja($^{\circ}$) (μ s)
EOP-1	0,76	4,5	3,1	40	86
EOP-2	0,83	4,3	3,2	45	92
EOP-3	0,71	4,5	3,15	40	88
EOP-4	0,75	4,3	3,3	50	94
EOP-5	0,78	4,4	3,2	32	52
EOP-6	0,79	4,6	3,1	35	63
EOP-7	0,79	4,3	3,1	38	50
EOP-8	0,76	4,1	3,1	32	56
EOP-9	0,83	4,6	3,3	36	54
EOP-10	0,81	4,5	3,2	38	58



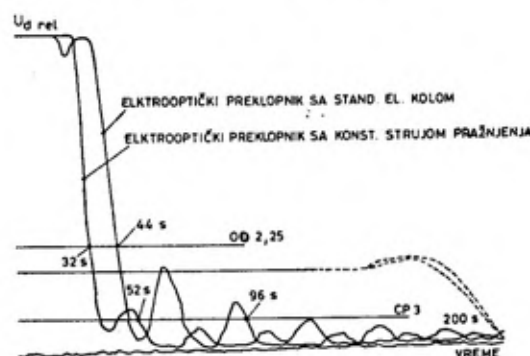
Sl. 6 — Transparentnost PLZT keramike sa refleksionim gubicima

tička gustina preklopnika postigne vrednost $OD=2,25$;

- (2) — ukupno vreme preklapanja. Izračunava se kao vreme za koje optička gustina preklopnika postigne vrednost $OD=3,0$.

Preklopnici sa oznakom od EOP-1 do 4 izrađeni su bez, a od EOP-5 do 10 s električnim kolom koje ima konstantnu struju pražnjenja.

Na sl. 7 prikazan je dijagram »zatvaranja« preklopnika do optičke gustine $OD=2,25$ i $OD=3$. U prvom slučaju faktor slabljenja je 500 u odnosu na upadni svetlosni fluks, a transparentnija je 0,75%. Pri $OD=3$ faktor slabljenja upadnog svetlosnog fluksa je 1000, a transparentnija u odnosu na upadni svetlosni fluks je 0,1%. Pri tome, ekstinkcija je od 10.000 do 30.000 puta (vrednosti se izračunavaju iz OD_z^s).



Sl. 7 — Dijagram faktora slabljenja upadnog svetlosnog fluksa

Poređenjem dobijenih rezultata s objavljenim podacima [7] koji se odnose na najsavremenija svetska rešenja, može se konstatovati da izrađeni elektrooptički preklopnici imaju veoma dobre funkcionalne karakteristike. Preklopnik brzo reaguje u odnosu na upadni svetlosni fluks (ispod 100 μ s) i ima veliki faktor slabljenja (iznad 1000), odnosno visoku ekstinkciju (od 10.000 do 30.000 puta).

Dinamički fotohromni filteri na bazi krizena i koronena

Izrada fotohromnog dinamičkog filtera (DFF)

Fotohromni dinamički filteri dobijeni su polimerizacijom epoksi-smole visoke čistoće, s odgovarajućim fotohromnim jedinjenjima (krizen i koronen) [8]. Krizen i koronen imaju dobru ap-

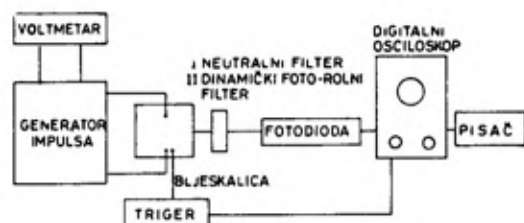
sorpciju vidljivog dela spektra svetlosnog zračenja, s maksimumom apsorpcionih krivih u pobuđenom stanju na $0,5 \mu\text{m}$ (krizen) i $0,6 \mu\text{m}$ (koronen).

Epoksi-smola visoke čistoće odlikuje se visokom optičkom propustljivošću u bliskom ultraljubičastom delu spektra (na $0,3 \mu\text{m}$ ima transparentnost oko 60%) i visokom propustljivošću u vidljivom delu spektra (u dijapazonu talasnih dužina od $0,4 \mu\text{m}$ do $0,7 \mu\text{m}$ ima transparentnost veću od 80%).

Kompaktni dinamički filter je tro-slojan. Jedan sloj čini filter sa krizenom, drugi filter sa koronenom, a treći sloj je pasivni širokopojasni infracrveni komercijalni filter. Redosled filtera uslovljen je apsorpcionim karakteristikama fotohromnih jedinjenja, odnosno širokopojasnog IC filtera.

Određivanje funkcionalnih karakteristika dinamičkih fotohromnih filtera

Aparatura za određivanje optičke gustine u zatvorenom stanju (OD_z) i vremena regeneracije (τ_R) prikazane su na slikama 8 i 9.

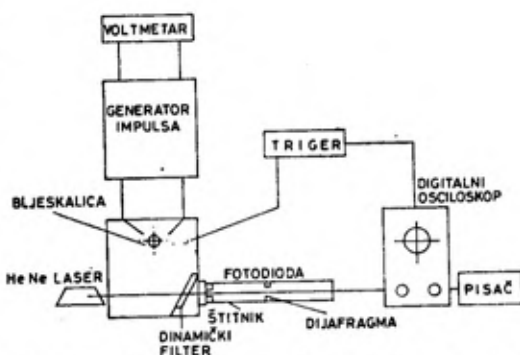


Sl. 8 — Aparatura za određivanje optičke gustine u zatvorenom stanju OD_z i vremena aktiviranja — τ_A

Obe aparature imaju generator električnog i svetlosnog impulsa, fotodiodu, osciloskop i pisac za registrovanje rezultata merenja.

Određivanja su obavljana na sledeći način:

— pražnjenjem kondenzatorske baterije (generator impulsa) kroz ksenonsku bleskalicu generiše se svetlosni impuls, koji se propušta kroz standardni neutralni filter (položaj I), odnosno fotohromni filter (položaj II), a zatim dovodi na fotodiodu, polarisanu do napona 30 V;



Sl. 9 — Aparatura za određivanje vremena regeneracije — τ_R

— naponski signal sa fotodiode registruje se digitalnim osciloskopom i trajno beleži pisčem (dobija se kriva $U_d = f(t)$).

Kako postoji linearna zavisnost napona fotodiode od transparentnosti filtera, optička gustina u zatvorenom stanju se dobija iz odnosa površina pod krivom $U_d = f(t)$ za fotohromni filter (II) i za standardni filter definisane transparentnosti (I).

Brzina (vreme) aktiviranja (τ_A) određuje se analizom prvog dela krive, odnosno određivanjem tačke u kojoj se kriva $U_d = f(t)$ za fotohromni filter odvaja od krive dobijene za standardni filter.

Vreme oporavka (regeneracije) određuje se tako što se kroz dinamički filter propušta snop zraka iz He—Ne lasera, snage 2 mW, koji pada na fotodiodu i daje signal konstantnog napona. Pražnjenjem bleskalice naglo se menja transparentnost dinamičkog filtera, što smanjuje signal dobijen iz

He—Ne lasera, koji se asimptotski približava početnoj vrednosti. Vreme vraćanja nivoa signala He—Ne lasera na početnu vrednost signala sa fotodiode uzeto je za vreme regeneracije filtera.

Integralna optička gustina u otvorenom stanju (neaktivirano) OD_0 iznosi:

$$OD_0 = \log_{10} (1/T_{EF}),$$

gde je:

$$T_{EF} = \frac{\int_{0,4 \mu m}^{0,7 \mu m} T(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{0,4 \mu m}^{0,7 \mu m} V(\lambda) d(\lambda)}$$

Funkcija $V(\lambda)$ standardizovana je osetljivost ljudskog oka, čije su vrednosti uzete iz literature. Numeričke vrednosti $T(\lambda)$ uzete su sa krive na dijagramu (sl. 10), odnosno:

$$T_{EF} = 53,2\%,$$

$$OD_0 = 0,27.$$

Dinamički filter u zatvorenom stanju (aktivirano) OD_z ima sledeću integralnu gustinu [9, 10]:

$$OD_z = 0,30 OD_{UV} + 0,70 OD_{PD},$$

$$OD_{PD} = -\log_{10} T_{PD},$$

gde je:

$$T_{PD} = \frac{\int_0^{t_1} J_{DF} dt}{\int_0^{t_2} J_{NF} dt} \cdot T_{NF},$$

$J_{DF}(t)$ — intenzitet svetlosnog impulsa kroz dinamički filter,

$J_{NF}(t)$ — intenzitet svetlosnog impulsa kroz neutralni filter,

t — vremenski interval trajanja svetlosnog bleska,

T_{NF} — transparentcija neutralnog filtera,

T_{PD} — transparentcija dinamičkog filtera u propusnom dijapazonu fotodiode (0,4 do 1,1 μm),

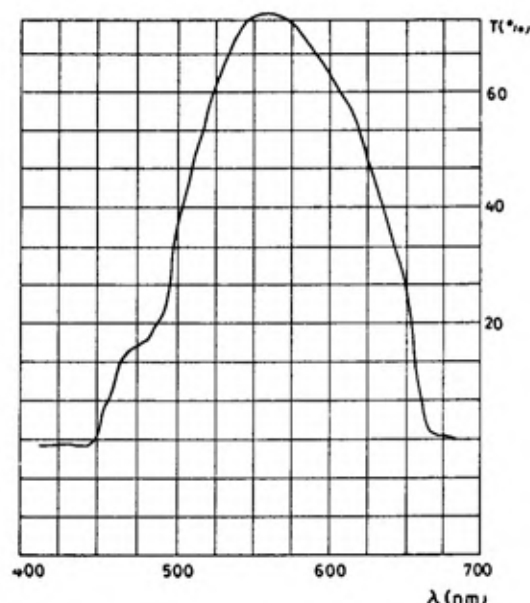
OD_{PD} — optička gustina dinamičkog filtera u propusnom dijapazonu fotodiode,

OD_{UV} — optička gustina dinamičkog filtera u ultraljubičastom području (od 0,28 do 0,4 μm).

Koeficijenti 0,30 i 0,70 usvojeni su na osnovu dobijenih rezultata, tako da ultraljubičasti deo spektra u svetlosnom impulsu nosi 30% ukupne gustine energije.

Transparentcija dinamičkog fotohromnog filtera u osnovnom stanju (pre dejstva svetlosnog bleska) prikazana je na sl. 10. Maksimum transparentcije DFF u neaktiviranom stanju je 0,56 μm , što se podudara s maksimumom na krivoj spektralne osetljivosti oka.

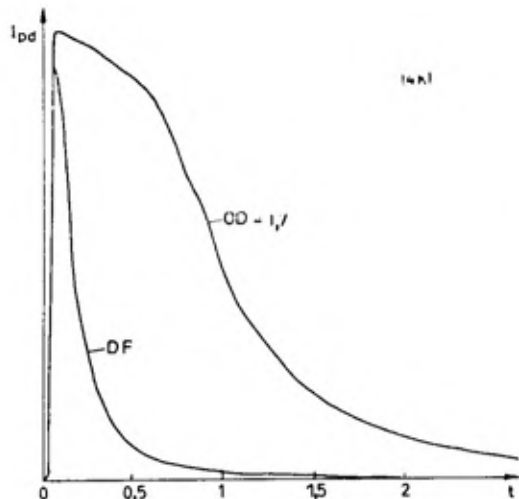
Optička gustina u zatvorenom stanju prikazana je na slici 11, vreme re-



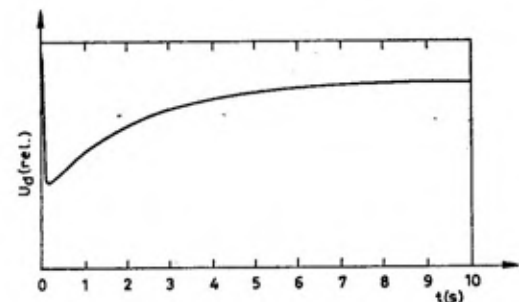
Sl. 10 — Transparentcija dinamičkog fotohromnog filtera u osnovnom stanju

generacije na slici 12, a brzina (vreme) aktiviranja na slici 13.

Vreme aktiviranja dinamičkog fotohromnog filtera manje je od 70 μ s. Najveća brzina aktiviranja postiže se na sobnoj temperaturi, i iznosi 45 μ s.



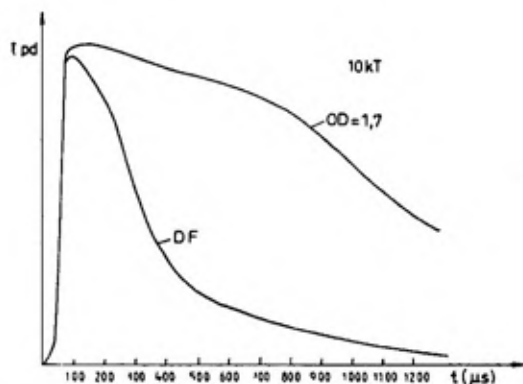
Si. 11 — Određivanje optičke gustine u zatvorenom stanju



Si. 12 — Određivanje vremena regeneracije

Vreme regeneracije pokazuje sličnu temperaturnu zavisnost kao i vreme aktiviranja. Na sobnoj i povišenoj temperaturi vreme regeneracije iznosi 2 s, a na sniženoj temperaturi se povećava za oko 30%.

Gustina energije zračenja iznosila je 350 mJ/cm², a vreme trajanja impulsa 7,9 ms.



Si. 13 — Određivanje brzine aktiviranja

Zaključak

Opisan je problem zaštite očiju od svetlosnog bleska nuklearne eksplozije, kao i sredstva za zaštitu koja su kod nas razvijena, a bazirana su na PLZT keramici, i sredstva čiju osnovu čine organski fotohromni materijali krizen i koronen.

Sintetizovana je kvadratna optički transparentna PLZT keramika postupkom dvostepenog sinterovanja u kiseoniku i pod pritiskom na vazduhu. Optička propusnost sintetizovane keramike iznosi oko 60% za područje talasnih dužina iznad 0,5 μ m. S antirefleksionim slojem transparentnost PLZT keramike se povećava na 80%.

Izrađen je elektrooptički preklopnik na bazi PLZT keramike sastava 9,5/65/35. Optički deo preklopnika je aktivni keramički elemenat s interdigitalnim elektrodama, polarizatorom i analizatorom. Elektronski deo preklopnika čini elektronski kontroler na bazi električnog kola sa i bez konstantnog strujnog pražnjenja.

Određene su vrednosti za optičku gustinu u otvorenom i zatvorenom stanju i brzina preklapanja elektrooptičkog preklopnika. Optička gustina u otvorenom stanju (prosečna vrednost) iznosi 0,78, a transparentcija je od 16 do 18%. Optička gustina u zatvorenom stanju pri statičkim uslovima merenja iznosi 4,4, a pri dinamičkim uslovima 3,2 (srednje vrednosti). Faktor slabljenja upadnog svetlosnog fluksa je oko 1000 pri dinamičkim merenjima, a pri statičkim uslovima više od 10000.

Prosečna brzina preklapanja do OD_z je 90 μs za standardno kolo, a za kolo sa konstantnim strujnim pražnjenjem iznosi 58 μs.

Izrađeni su dinamički fotohromni filteri polimerizacijom epoksi-smole visoke čistoće s organskim fotohromnim jedinjenjima krizenom i koronenom.

Za sredstva čiju osnovu čine dinamički fotohromni filteri određene su

vrednosti optičkih gustina u otvorenom — neaktiviranom (OD_o) i zatvorenom — aktiviranom (OD_z) stanju, kao i vreme aktiviranja i regeneracije.

Transparentcija dinamičkog fotohromnog filtera u neaktiviranom stanju u odnosu na krivu osetljivosti oka iznosi 53% (OD_r=0,27). Transparentcija dinamičkog filtera u aktiviranom stanju pri dejstvu svetlosnog impulsa ksenonske lampe gustine energije 350 mJ/cm² i trajanja impulsa 7,9 ms iznosi oko 0,6% (OD_z=2,26), a vreme aktiviranja na sobnoj temperaturi je 50 μs. Vreme regeneracije iznosi od 2 do 3 s zavisno od temperature.

Na osnovu karakteristika, dinamički fotohromni filteri, kao i sredstva zasnovana na PLZT keramici, mogu se uspešno koristiti za zaštitu očiju od svetlosnog bleska visokog intenziteta i kratkog trajanja.

Literatura:

- [1] Baračevskij, V. A.: Fotohromizm i ego primeneniye, Hemija, Moskva, 1977.
- [2] Dawson, R. M., Winsor, M.: Applied Optics, 8, 1045, 1969.
- [3] Kosec M., Kolar D. m., Stojanović B.: PLZT keramika sa kvadratnim elektrooptičkim efektom, DR 84, Ljubljana, 1984.
- [4] Stojanović B., Kosec M., Pirs J.: Application of PLZT ceramics for electrooptical shutters, Parbudice, 1988.
- [5] Stojanović B., Pirs J., Kosec M.: PLZT elektrooptički preklopnik i mogućnost njegove primene, SD 86, Otočac, 1986.
- [6] Stojanović B., Kolar D., Kosec M.: Uticaj postupka pripreme na optičku propusnost PLZT keramike, Materijali 89, Zlatibor, 1989.
- [7] Lui S., Pai S., Kyonka J.: Ferroelectrics, 22, 689, 1978.
- [8] Stojanović, B., Šutulović, Lj.: Dinamički fotohromni filteri — uticaj temperature, vremena i vlage na faktor slabljenja svetlosnog bleska, ETAN 89, Novi Sad, Zbornik radova.
- [9] Stojanović, B., Šutulović, Lj., Antanasijević, R.: Uticaj koncentracije fotohromnih jedinjenja na optičku gustinu dinamičkog filtera, ETAN 88, Sarajevo, Zbornik radova.
- [10] Šutulović Lj., Stojanović B., Antanasijević R.: Određivanje funkcionalnih karakteristika dinamičkih fotohromnih filtera kompaktnog i razdvojenog tipa, ETAN 89, Novi Sad, Zbornik radova.

Dr Svetomir Minić,
potpukovnik, dipl. inž.

INFORMACIONI SISTEMI U ODRŽAVANJU VOZILA (Prikaz monografije)

U izdanju Jugoslovenskog društva za motore i vozila (JUMV), objavljena je monografija **INFORMACIONI SISTEMI U ODRŽAVANJU VOZILA**, grupe autora. Pored saradnika sa Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu (Jovan Todorović, Čedomir Duboka, Živan Arsenić i Branko Vasić), autori pojedinih delova monografije su i saradnici CESIL-a sa Rudarsko-geološkog fakulteta (Slobodan Ivković i Toma Tanasković), iz GSP Beograd (Aleksandar Jakovljević i Miodrag Marković), RB Majdanpek (Dragoslav Milčić), Jugotehne (Spasoje Ružanović), EPS-RU Kolubara (Nikola Tasić) i IRC MPI (Nikola Blanuša).

Ova monografija predstavlja rezultat višegodišnjeg istraživačkog rada i stečenog iskustva autora u oblasti inženjersva održavanja tehničkih sistema, a posebno motornih i priključnih vozila. Istraživanja u ovoj oblasti sistemskih nauka već se više od 20 godina sprovode u Institutu za motorna vozila Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, pod rukovodstvom prof. dr Jovana Todorovića.

Zahvaljujući priložima mnogih autora, ova monografija dobila je na aktuelnosti i sa stanovišta iskustava u oblasti informatičke podrške problemi-

ma održavanja i snabdevanja rezervnim delovima u različitim organizovanim sistemima održavanja tehničkih sistema.

Rešenja prikazana u monografiji mogu biti od praktične koristi stručnjacima koji se bave ovom problematikom u sistemu održavanja tehničkih sistema u Vojski Jugoslavije.

Monografija **INFORMACIONI SISTEMI U ODRŽAVANJU VOZILA** na celovit i koncizan način obrađuje ovu kompleksnu problematiku. U formulaciji modela informacionog sistema autori polaze od tehničko-tehnoloških karakteristika i zahteva i organizacionih struktura savremenih sistema održavanja vozila. Koristeći svoja naučna i stručna znanja, kao i iskustvo, autori su projektovali efikasan model informacionog sistema za održavanje vozila u organizovanim voznim parkovima.

Savremeni informacioni sistemi imaju ključnu ulogu u efikasnom upravljanju poslovnim, tehnološkim i drugim sistemima. Njihova primena, međutim, u praksi nije dovoljno zastupljena. U našoj literaturi se, uglavnom, razmatra opšta problematika projektovanja i implementacije informacionih sistema, bez detaljnije analize njihove namene. Monografija, u tom pogle-

du, predstavlja značajan doprinos, jer nudi model informacionog sistema i čitaocu pruža relevantne informacije u vezi sa problemima održavanja i uvođenja informacionog sistema.

Monografija INFORMACIONI SISTEMI U ODRŽAVANJU VOZILA sadrži sledeća poglavlja:

— Uvod

— Osnovna obeležja sistema održavanja organizovanog voznog parka

— Informacioni sistemi o radu i održavanju vozila i snabdevanju rezervnim delovima

— Model upravljačkog informacionog sistema

— Mogućnosti usavršavanja i nadgradnje informacionog sistema i softvera

— Prilog

Obrađena poglavlja prikazuju rezultate višegodišnjeg istraživanja i inženjerskog rada autora u oblasti razvoja informacionih sistema u održavanju vozila, a njihovi izvodi saopšteni su na tematskoj konferenciji EFEKTIVNOST I LOGISTIKA u okviru XIV naučno-stručnog skupa NAUKA i MOTORNOST VOZILA 1993, održanog u Beogradu.

Neposredni povod za nastanak ove monografije jeste zaključak njenih autora da je, radi daljeg razvoja u konkretnoj oblasti istraživanja na principima inženjerstva sistema, neophodno da se sintetizuju svi rezultati dosadašnjeg rada. Zahvaljujući ovladavanju novim informatičkim tehnologijama, zasnovanim na intenzivnoj primeni računarske tehnike i novim znanjima u ovoj oblasti, objedinjena su višegodišnja praktična iskustva u primeni integriranih informacionih sistema, koje je razvila i postavila ova grupa autora.

Model informacionog sistema u održavanju vozila, koji je razrađen u ovoj monografiji, naročito je interesantan za tehničku službu Vojske Jugoslavije, koja je, po već definisanom konceptu tehničkog informacionog sistema intenzivirala usavršavanje automatizovanog informacionog sistema održavanja TMS.

Savremena naučna rešenja i iskustva, prikazana u ovoj jedinstvenoj monografiji, mogu biti dragocena prilikom rešavanja sličnih praktičnih problema u informacionom sistemu održavanja TMS u Vojsci Jugoslavije.

Monografija se može naručiti preko izdavača, na adresu: JUMV, 11000 Beograd, 27. marta 80, telefon: (011) 3226-923.



prikazi iz inostranih časopisa

SNJAPERSKA PUŠKA SVD*)

Dugo su obaveštajci zapadnih zemalja tragali za strogo čuvanim informacijama o ruskoj snajperskoj pušci Dragunova koja nosi oznaku SVD. Tek za vreme rata u Avganistanu ova puška je postala dostupna, pa su stručnjaci imali priliku da je prouče. Specifičnog je izgleda i poseduje izvanredne karakteristike. Visoko je ocenjena s obzirom na to da je uslove o rasturanju pogodaka, koje propisuju standardi NATO, sa lakoćom ispunila i prevazišla. Naime, ovi standardi zahtevaju da snajperska puška može da ima rasturanje pogodaka u kvadratu od 15 inča (381 mm) pri gađanju sa udaljenosti od 600 jardi (548 m), brzinom od 10 metaka u minuti.

Završna obrada pojedinih delova puške SVD je vrlo kvalitetna. Unutrašnjost cevi i klip gasnog cilindra su hromirani, čime je olakšano održavanje. Naime, jednim čišćenjem nakon gađanja mogu se ukloniti i najtvrdi ostaci gareži od sagorelog baruta.

Ovo vrhunsko oružje originalne konstrukcije uvedeno je u naoružanju

KoV sovjetske armije još 1963. godine i od tada pa do 1991. godine nije podvrgnuto modifikacijama.

Ona poseduje visoku preciznost, kao sportske puške, i pouzdanost kakva se traži od borbene puške.

Da bi se ostvarilo funkcionisanje bez zastoja povećan je zazor duž sanduka puške, što je moglo da dovede do većeg rasturanja pogodaka i nekonzistentne vatre usled pomeranja pokretnih delova u toku gađanja. Ovaj problem je otklonjen pomoću zuba na izbacivaču koji ne dozvoljava bočno pomeranje nosača zatvarača kada se nalazi u prednjem položaju.

Puška funkcioniše na principu pozajmice barutnih gasova koji prolaze kroz bočne otvore na hromiranoj cevi i pokreću pokretne delove.

Zatvarač, sa tri bradavice, zabavljuje se zaokretanjem, u smeru koji je suprotan kretanju kazaljke na satu. Kod automatske puške Kalašnjikova (AK) zatvarač se zabavljuje pomoću dve bradavice, njegovim zaokretanjem u smeru kretanja kazaljke na satu.

U konstrukciji Dragunova donosač metaka služi kao treća — dopunska bradavica, čime je povećana površina zabravljivanja bez povećanja poprečnog preseka zatvarača i uglova nje-

* Prema podacima iz časopisa **MILITARY PARADE**, januar—februar 1994.

govog zaokretanja. Na taj način zatvarač je trostruko zabravljen, što utiče na održavanje konzistencije vatre.

Glavni deo automatskog sistema puške je nosač zatvarača, koji pokreću barutni gasovi preko klipa gasnog cilindra. Ovi delovi se, nakon potiskivanja nosača zatvarača u zadnji položaj, vraćaju preko povratnog mehanizma u prednji položaj. Povratni mehanizam ima dve opruge.

Sanduk puške je izrađen presovanjem od lima i ima malu masu.

Mehanizam za opaljivanje je čekičast, a mehanizam za okidanje omogućava samo jedinačnu paljbu i nalazi se u zasebnom kućištu.

Osigurač puške je dvostrukog dejstva, tako da drži obarač i blokira nosač zatvarača pritiskom na njegovu ručicu. Metak se može opaliti samo ako je zatvarač potpuno zabravljen.

Skrivač plamena, sa pet uzdužnih proreza, pričvršćen je na prednjem delu cevi. Dva proreza su sa donje, a tri sa gornje strane, tako da barutni gasovi koji u toku gađanja prolaze kroz njih, doprinose stabilizaciji puške. Skrivač plamena smanjuje uočljivost puške pri gađanju noću i sprečava zapadanje nečistoća i predmeta u cev. Na cevi je pričvršćen nosač za nož koji se koristi u bliskoj borbi.

Na kundaku puške izrađen je usek koji služi kao rukohvat za što stabilnije držanje puške pri gađanju.

Snajperska puška SVD opremljena je mehaničkim i optičkim nišanom. Mehanički se sastoji od prednjeg i zadnjeg nišana, a optički nišan PSO-1 je sa četvorostrukim uvećanjem i skalom daljina. Optički nišan sadrži luminescentni ekran za otkrivanje IC zračenja, kao i mehanizam za korekciju daljine i pravca. Skala optičkog nišana,

u noćnim uslovima, osvetljava se energijom iz baterije, snage 2,5 W, koja je smeštena u zadnjem držaču nišana.

Za ovu pušku konstruisan je specijalni metak, kalibra 7,62 mm, čije je zrno slično zrnu sa konvencionalnim čeličnim jezgrom, ali ima veću preciznost. U okvir staje 10 metaka.

Brzina gađanja je velika, pošto može ispaliti 30 metaka u minuti i osvariti precizne pogotke.

Snajperska puška Dragunova SVD je, zbog početne perfekcije, dugo proizvođena bez ikakvih modifikacija. Nje-

Tehnički podaci puške SVD

Dužina (mm)	1225
Ukupna dužina sa nožem (mm)	1370
Dužina cevi (mm)	620
Masa prazne puške (kg)	3,67
Ukupna masa sa nišanom (kg)	4,3
Početna brzina (m/s)	830

na modernizacija, izvršena 1991. godine, odnosila se na poboljšanje automatskog sistema, cevi, sanduka i kundaka. Modernizovana verzija označena je kao snajperska puška SVD-S.

P. Marjanović

SAMOHODNA HAUBICA 152 mm 2S19 MSTA-S*)

Najnoviji ruski sistem oružja — samohodna haubica MSTA-S kalibra 152 mm prvi put je predstavljena jav-

*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar—februar 1994.

nosti na internacionalnoj izložbi naoružanja i opreme 1993. godine. Ovaj jedinstveni sistem postigao je 38 pogodaka na daljini od 15 km, koristeći precizne artiljerijske projekte KRA-SNOPOLJ. Dejstvujući u režimu velike brzine gađanja haubica je ispaljivala 10 do 11 projektila u minuti, postižući pri tom visoku preciznost protiv ciljeva udaljenih 7 km.

Samohodna haubica MSTA-S uvedena je u naoružanje 1989. godine. Može da gađa nuklearne ciljeve, artiljerijske i minobacačke baterije, tenkove i druge oklopne ciljeve. Bazirana je na oklopnom telu sa gusenicama srednjih tenkova T-72 i T-80, a za pogon koristi višegorivni motor V84A, snage 573,5 kW.

Hodni deo ima torziono elastično oslanjanje i hidraulične amortizere koji prigušuju oscilacije pri kretanju i pri otvaranju vatre. Može da savlađuje rov širine 2,8 m, zid visine 0,5 m i vodu prepreku dubine 1,5 m. Maksimalni domet gađanja je 24,7 km. Kupola može da se okreće po azimutu 360°, a po elevaciji od -4° do +68°. Pri gađanju elevacija se podešava automatski, a nišandžija upravlja oruđem samo po azimutu. Posadu haubice čini 5 članova (ili 7 članova kada se puni na zemlji).

Sistem zatvarača i zaptivanja haubice sprečava ulazak barutnih gasova u borbeno odeljenje. Veliku brzinu gađanja omogućava joj automatski punjač municije. Samohodna haubica MSTA-S takođe ima automatski sistem za popunu municijom (u koji je uključen i konvejer za popunjavanje projektilima sa zemlje) i ugaoni koordinirajući pokretač namenjen za prenošenje projektila iz spremišta, prema prethodno postavljenom programu. Zahvaljujući kompaktnom unutraš-

njem rasporedu opreme haubica može da primi borbeni komplet od 50 projektila.

Na kupoli je ugrađeno postolje PZU-5, sa protivavionskim mitraljezom kalibra 12,7 mm UTES, kojim se upravlja daljinskim putem iz kupole. Njegov nišanski domet je 2000 m. Pošto je postolje čvrsto postavljeno na kupoli, povećano trzanje mitraljeza pri otvaranju vatre utiče na optimalno rasturanje pogodaka. Time se povećava verovatnoća pogađanja ciljeva u vazduhu. Mitraljez ima brzinu gađanja 700 do 800 metaka/min., a borbeni komplet sadrži 300 metaka.

Visoke borbene karakteristike, snažni motor i veliki broj pomoćnih uređaja doprineli su velikoj ubojitosti haubice. Haubica MSTA-S takođe ima opremu za savladavanje vodenih prepreka dubine do 5 m i širine do 1000 m. Ugrađeni dozer joj omogućava da za 5 minuta iskopa sopstveni zaklon.

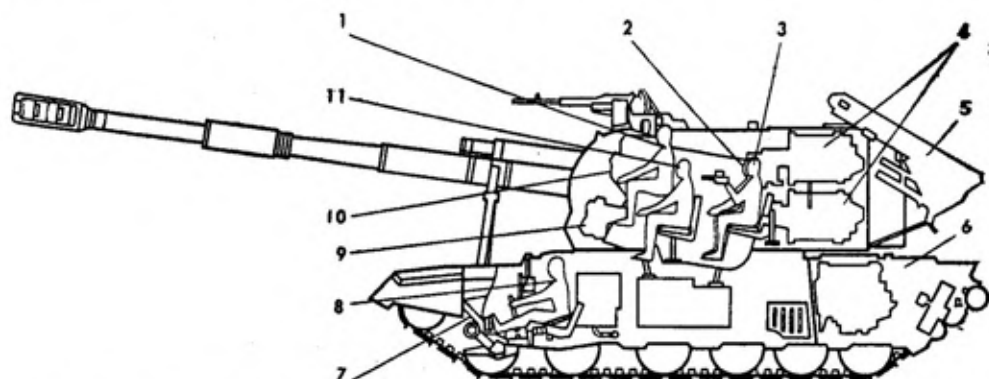
Uređaj za prečišćavanje vazduha i ventilaciju omogućuje efikasno funkcionisanje i u kontaminiranim zonama. Generator za postavljanje dimne zavese, omogućuje posadi da dejstvuje »neprimetno« i na zemljištu bez prirodnih zaklona, čime su znatno poboljšane karakteristike ovog borbenog vozila. Samohodna haubica MSTA-S ima generator za snabdevanje električnom energijom sa nezavisnim uređajem za gorivo, sistem veze sa uređajem za međusobni razgovor članova posade, spoljašnja žična i radio-sredstva veze. Sve ovo, zajedno sa velikim borbenim kompletom municije i velikom brzinom dopunjavanja municije, doprinosi znatnom skraćanju vremena koje je potrebno za pripremu samohodne haubice za dejstvo. Za prevođenje iz marševskog u borbeni položaj i obratno potrebno je samo 1 do 2 minuta.

U konstrukciji samohodne haubice MSTA-S ukomponovana su najbolja tehnička dostignuća ruske artiljerije i tenkova. Haubica može da koristi sve vrste standardne municije kalibra 152 mm i projektele KRASNOPOLJ sa preciznim samonavođenjem pomoću laserskog snopa. Ovi projektili mogu se koristiti u svim savremenim topovima kalibra 152 mm, kao što su 2S19, MSTA-S i GIATSINT 2S5, kao i stariji samohodni i vučni sistemi 2S3M i D-20. Projektil može da gađa pokretne ciljeve i ciljeve manjih dimenzija (tenkove, kamione, artiljerijska oruđa, ojačane vatrene položaje, itd.) sa velikom vjerovatnoćom pogađanja (0,9) sa udaljenosti od 18.000 m. Za markiranje cilja laserskim snopom koristi se prenosni laserski pokazivač cilja, postavljen na tronožac, a može se smestiti i u helikopter. Maksimalni domet osvetljivača, na cilj tipa tenka, iznosi oko 5000 m, a markiranje traje 6 do 15 sekundi. Kada se lansira na maksimalni domet, glava za samonavođenje projektila je u stanju da »uhvati« cilj (pređe na automatsko praćenje) koji je osvetljen laserom u poluprečniku od 1 km. Za vreme ispitnog gađanja, samohodna haubica MSTA-S uspjela je da

pogodi tri različita cilja sa jednim laserskim osvetljivačem koji je dejstvovao 30 s. Masa projektila je 50 kg, a masa bojne glave 20,5 kg. Gađanje je moguće pri brzini vetra do 25 m/s. Pri upoređivanju sa konvencionalnim artiljerijskim projektilom kalibra 152 mm, projektil sa samonavođenjem smanjuje utrošak municije za 40 do 50 puta, a cilj se pogađa 3 do 5 puta brže.

Velika ubojitost samohodne haubice 2S19 može se postići sa dobro uvežbanom posadom. Za obuku posada i održavanje visoke borbene gotovosti koristi se trenažer 2X51, koji omogućava brzu obuku i uštedu resursa haubice i municije, izuzev praktičnog gađanja maksimalnom brzinom. Trenažer ima simulator, ploču instruktora, izvor napajanja električnom energijom, sakupljače projektila i čaura. Borbena mesta članova posade u simulatoru su ista kao i u haubici.

Obrtanje kupole po azimutu, koje se može videti u vidnom polju nišana, obavlja se pomoću rotirajućeg doboša mehanizma za pokretanje. Na unutrašnju površinu doboša prikačeno je nekoliko fotografija zemljišta, koje pomažu pri rešavanju specifičnih problema obuke.



Sl. 1 — Samohodna haubica 152 mm 2S19 MSTA-S — razmeštaj posade i opreme
1 — komandir, 2 — punilac projektila, 3 — punilac barutnih punjenja, 4 — mehanizovane police za smeštaj municije, 5 — mehanizam za popunu municijom, 6 — motorno odeljenje, 7 — hidraulični amortizer, 8 — vozač, 9 — uređaj za zauzimanje elevacije, 10 — nišan, 11 — nišandžija.

Preciznost navođenja »oruđa« kontroliše instruktor sa svoje ploče. On može da obavesti posluhu o početnim podacima za gađanje, slično kako to komandir baterije radi iz komandnog vozila na bojištu.

Ploča instruktora opremljena je komandnim uređajima osnovnih sistema samohodne haubice 2S19: sistemom vođenja, mehanizmima za punjenje i sredstvima za vezu.

Na sl. 1 prikazan je razmeštaj članova posade i opreme.

Tehničke karakteristike samohodne haubice 152 mm 2S19

Borbena masa (t)	42
Broj članova posade	5 (7 kada se puni sa zemlje)
Akcioni radijus (km)	500
Maksimalna brzina (km/h)	60
Savlađivanje prepreka (m):	
— rov	2,8
— vertikalni zid	0,5
— vodena prepreka gazom	1,5
— Vodena prepreka (sa opremom za podvodno kretanje):	
— dužina (m)	1000
— dubina (m)	5
Vreme za prevođenje iz marševskog u borbeni položaj i obratno (min)	1 do 2
Eksploatacioni resurs (km)	5000
Maksimalni domet (m)	24700
Navođenje po pravcu (stepeni)	360
Navođenje po visini (stepeni)	—4 do +68
Brzina gađanja (metaka/min)	7 do 8
Maksimalni broj ispaljenih metaka:	
— u toku prvog sata gađanja	100
— u toku svakog narednog sata	60
Borbeni komplet municije (granata)	50
Kalibar mitraljeza NSVT (mm)	12,7

Za obuku članova posade u gađanju sa zemlje, trener dodatno poslužuju još dva člana posade, kao što se to dešava kada se radi o stvarnoj samohodnoj haubici. Za ciljeve u obuci koriste se inertni projektili i specijalno opremljene čaure koje se koriste kod artiljerijskih sistema 152 mm.

Posle obuke na treneru, posada haubice 2S19 je u stanju da ostvari veliku brzinu gađanja (8 do 9 metaka u min.).

Nišanski domet mitraljeza (m)	2000
Brzina gađanja mitraljeza (metaka/min)	700 do 800
Broj metaka u redniku mitraljeza	60
Polje dejstva mitraljeza (stepeni)	—3 do +70
Borbeni komplet mitraljeza (metaka)	300
Snaga dizel-motora V84A (kW)	573,5
Eksploatacioni resurs motora (h)	350
Broj stepeni prenosa za kretanje napred	7
Broj stepeni prenosa za kretanje nazad	1
Tip oslanjanja sa amortizerima torzioni nezavisni	
Protivpožarna oprema trostrukog dejstva, automatska sa komandnom opremom 3ETs11-2	
Uređaj za prečišćavanje i ventilaciju vazduha (kom)	2
Kvalitet prečišćavanja (%)	98
Vreme potrebno za kopanje rova (min)	40 do 60
Sredstva za zadimljavanje:	
— Generator dima V84A	
— Bacači dimnih bombi (kom.)	6
Uređaj VDP za dekontaminaciju (kom.)	2

P. Marjanović

OKLOPNA BORBENA VOZILA — BORBENO VOZILO PEŠADIJE BMP-3*)

Početak šezdesetih godina grupa konstruktora, na čelu sa P. Isakovim, konstruisala je poznato borbeno vozilo pešadije BMP-1. Prvenstveni cilj razvoja ovog vozila bio je poboljšanje pokretljivosti jedinica i obezbeđivanje oklopne zaštite snagama pešadije koje su vodile borbu u sadejstvu sa tenkovima. Ovo borbeno vozilo bilo je prethodnik novog trenda konstrukcije borbenih vozila u svetu, i iniciralo je novi prilaz u taktičkom korišćenju manjih jedinica motorizovane pešadije. Nešto kasnije i druge armije su prihvatile borbeno vozilo namenjena za slične borbene zadatke.

U početnom periodu bilo je dosta dilema o njihovoj taktičkoj upotrebi. Neki analitičari su smatrali da bi borbeno vozilo pešadije trebalo koristiti kao oklopna transportna sredstva za prevoženje pešadije na bojištu, koja bi pratila borbeni poredak tenkova i osvajala borbene zone. Međutim, svrsishodno je bilo da se ova borbeno vozilo u određenoj meri i naoružaju. Osnovno naoružanje borbenog vozila pešadije BMP-1 je top kalibra 73 mm sa glatkom cevi, koji je mogao da gađa ciljeve na daljini od 1000 m i to, uglavnom, oklopna vozila, uključujući i tenkove starijih generacija. Ovim vozilima nisu postavljani nikakvi drugi zadaci. Nakon analize u toku proizvodnje i uporednih ispitivanja, vozilo je naoružano automatskim topom kalibra 30 mm i protivoklopnim vođenim projektilima KANKURS. Time je znatno proširen obim borbenih zadataka i poboljšana borbeno sposobnost vozila u celini, ali je ostalo još dosta da se uradi da bi se dobio finalni koncept borbenog iskorišćenja vozila, njegovih zadataka i opšteg izgleda. To

je postignuto u toku kasnijeg razvoja vozila BMP-3 i njegovog naoružanja.

Nosilac razvoja naoružanja vozila BMP-3 bio je konstruktorski biro iz Tule. Posle istraživačkih radova konstruisan je sistem naoružanja koji bi mogao da zadovolji široki obim borbenih zadataka namenjenih mehanizovanim pešadijskim jedinicama. Po prvi put borbeno vozilo pešadije naoružano je automatskim topom kalibra 30 mm, topom kalibra 100 mm sa umerenim balističkim karakteristikama i mitraljezima kalibra 7,62 mm.

Top 100 mm sa glatkom cevi može da koristi granate i vođene projekte. Početna brzina od 250 m/s omogućila je konstruisanje topa male mase koji može da gađa ciljeve pod velikim uglovima čime je povećana zona dejstva i smanjene greške vezane za domet i njihova zavisnost od brzine gađanja.

Za lansiranje vođenih projektila top ima laserski sistem za navođenje i nezavisni stabilizator nišanske linije u dve ravni, čime je obezbeđeno lansiranje vođenih projektila u pokretu i velika brzina gađanja.

Kruta spregnutost topa 30 mm sa topom 100 mm, zajedno sa visokom preciznošću i dinamičkim karakteristikama stabilizatora, obezbeđuju veliku preciznost gađanja.

Prvi put u ruskoj i svetskoj praksi, borbeno vozilo pešadije opremljena su automatskim sistemom za upravljanje vatrom koji je automatski obezbeđivao uglove nišana i preticanja, i preciznu korekciju u širokom dijapazonu uglova elevacije. Automatski sistem za upravljanje vatrom obezbeđuje gađanje raspoloživim naoružanjem sa mesta, iz pokreta i pri plovidbi.

Visoka borbeno efikasnost sistema naoružanja i mogućnost nezavisnog dejstvovanja na bojištu obezbeđeni su širokim asortimanom municije, koji sadrži 8 vođenih projektila,

*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar—februar 1994.

40 razornih granata, 500 metaka za automatski top i 6000 metaka za mitraljeze.

Unutrašnjost vozila podeljena je na 4 odeljenja: upravno, borbeno, desantno i motorno. Upravno odeljenje smešteno je u prednjem delu tela vozila i ima 3 sedišta: u sredini za vozača i po jedno sa obe strane za nišandžije mitraljeza.

Borbeno odeljenje nalazi se u sredini tela vozila sa sedištim za komandira i nišandžiju topa. Osnovno naoružanje koje čine dva topa, ugrađeno je u kupoli, dok se borbeni komplet municije nalazi u spremniku ispod obrtnog poda.

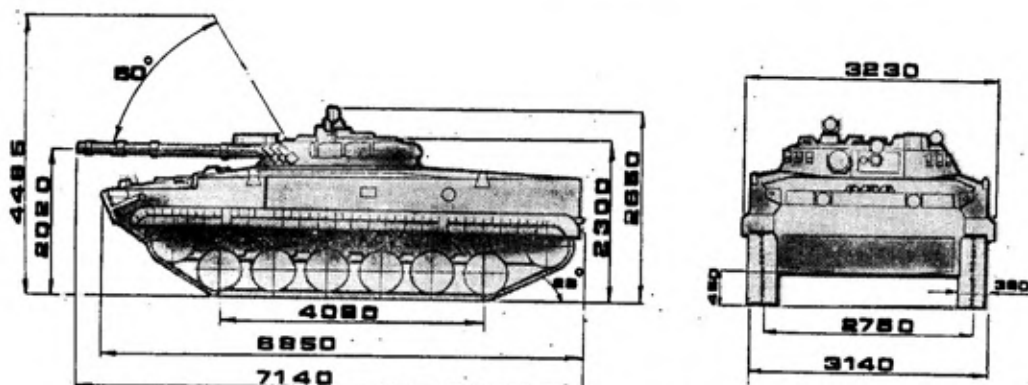
U uređaje za upravljanje naoružanjem spadaju: nišan za navođenje oruđa, nišan za gađanje ciljeva na zemlji i u vazduhu, kombinovani dnevno-noćni uređaj za osmatranje i balistički računar. Mitraljezi su nezavisno urađeni u prednjem delu tela vozila i imaju nišan sa sistemom displeja (pokazivača) sa optičkim vlaknom i nišanskom tačkom.

Osnovno naoružanje je stabilizovano u dve ravni.

Borbeno mesto komandira opremljeno je radio-predajnikom R-173, radio-prijemnikom R-173P i uređajem za navigaciju.

Iza borbenog odeljenja nalazi se desantno odeljenje sa 7 sedišta. Dva sedišta su pojedinačna, a 5 su zajednička i smeštena blizu pregrade motornog odeljenja. U desantnom odeljenju postoje otvori za dovođenje svežeg vazduha. Puškarnice za dejstvovanje ukrnog dela posade smeštene su na bočnim stranama vozila.

Motorno odeljenje nalazi se odmah iza desantnog odeljenja a odvojeni su pregradom koja ublažava buku. U motornom odeljenju smešteni su motor, sklopovi transmisije i pripadajući sistemi. Odvojivi poklopci i vratašca na pregradi omogućuju lak pristup do motora i transmisije. Gusenični pokretač vozila ima šest potpornih točkova i točkove nosače gusenica. Potporni točkovi su sa duplim diskovima, gumiranim sa spoljašnje strane. Nezavisno hidropneumatsko oslanjanje obezbeđuje velike dinamičke hodove potpornih točkova. Zahvaljujući takvoj konstrukciji sistema elastičnog oslanjanja, obezbeđeno je ravnomerno kretanje vozila van puteva pri svim brzinama bez velikih potresa i oscilovanja. Hodni deo vozila BMP-3 konstruisan je sa velikim faktorima sigurnosti, pa se može koristiti za ugradnju na vozila različitih namena. Vozilo BMP-3 može da savladava vodene prepreke pomoću uređaja za kretanje na vodi — vodoprotlačnog pokretača, a ne pomoću



Sl. 1 — Borbeno vozilo pešadije BMP-3 — karakteristične dimenzije

gusenica kao što je to kod BMP-1 i BMP-2.

U toku 1991. godine obavljena su pokazna ispitivanja, kojima su prisustvovali vojni stručnjaci iz Ujedinjenih Arapskih Emirata, pri spoljašnjim

temperaturama do $+60^{\circ}$. Vozila su savladavala peščane prepreke uspona od 30° i spustove do 80° . Ispitivanja su uspešno završena, i vozilo BMP-3 pokazalo se bolje od američkog BRADLEY i britanskog WARRIER.

Taktičko-tehničke karakteristike BMP-3

P. Marjanović

Borbena masa vozila (t)	18,7
Posada (broj članova)	3
Ukrnci pešadijski desant (broj članova)	7
Maksimalna brzina na putevima (napred/nazad) (km/h)	70/20
Maksimalna brzina kretanja na vodi (km/h)	10
Autonomija vožnje na putevima (km)	600
Tip topa/lansera 100 mm	2A70
Tip automatskog topa 30 mm	2A72
Tip mitraljeza 7,62 mm (3 kom.)	PKT
Brzina gađanja iz topa 100 mm (granata/min)	10
Brzina gađanja iz automatskog topa 30 mm (metaka/min)	300
Maksimalni domet topa 100 mm (m)	4000
Maksimalni domet topa 30 mm (m)	4000
Uglovi gađanja (stepeni):	
— po pravcu	360
— po elevaciji	-6 do +60
Borbeni komplet municije (kom):	
— granata za top 100 mm	40
— metaka za automatski top 30 mm:	
— razorno-obeležavajućih i razorno-zapaljivih	305
— pancirno-obeležavajućih	195
— protivoklopnih vođenih projektila (kom)	8
— metaka za mitraljeze 7,62 mm (u redenicama)	6000
Tip četvorotaktnog dizel motora hlađenog vodom	UTD-29
Maksimalna snaga motora (kW)	368
Vodoprotlačni pokretač	jednostepeni

PROTIVAVIONI SKI SISTEM »STRELA 10 MZ«*)

Avionski topovi NS-23, NS-37 i NS-45, koje je konstruisao biro Nudeljmana pre Drugog svetskog rata, bili su poznati u svetu po svojoj ubojitosti i brzini gađanja. Top NS-45 je i danas najjače vazduhoplovno naoružanje. Postojao je, takođe, prototip topa kalibra 57 mm NS-57, koji nije uveden u naoružanje.

Posle Drugog svetskog rata konstruktorski biro nastavio je da konstruiše naoružanje manjeg kalibra za broдове i avione. Istovremeno, narasle su potrebe za proizvodnjom i drugog naoružanja, naročito sistema vođenih raketa za protivavionsku i protivoklopnu borbu, kao i nevođenih raketa.

Prešlo se na rešavanje zadataka u razvoju sofisticiranog oružja do maksimuma opremljenog elektronskim komponentama i sa automatskim komandnim sistemima zasnovanim na najnovijim tehnološkim dostignućima.

Nova oružja ispitivana su u brojnim ratovima i konfliktima i različitim klimatskim uslovima, a njihov kvalitet privukao je pažnju stručnjaka širom sveta.

Najpoznatiji PVO sistem je STRELA koji je izvožen u preko 30 zemalja. Mnoge od ovih zemalja otkupile su licencu za sopstvenu proizvodnju. Naj-

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar-februar 1994.

novija verzija PVO sistema je osavremenjena verzija pod nazivom STRELA-10MZ.

Borbene formacije motorizovanih i oklopnih pukova, naoružane lakim raketnim sistemom STRELA-10MZ, mogu da pruže efikasnu zaštitu od dejstva iz vazduha helikoptera, aviona, krstarećih projektila i bespilotnih letilica.

Borbeni sistemi 9A35MZ i 9A34MZ mogu se ugraditi na lakooklopljena univerzalna amfibijska vozila. Namenjeni su za zaštitu posada u borbi i na maršu. Mala masa ovih oklopnih vozila omogućuje im da se kreću po mekim podlogama kroz bespuća, preko močvarnog i peskovitog zemljišta. Mogu da savlađuju vodene prepreke, a maksimalna brzina im je 60 km/h po zemlji i 6 km/h na vodi.

Borbeno vozilo je modularne konstrukcije. Lanser sa komandnom opremom ugrađen je u kupolu, koja može biti postavljena na bilo koje transportno sredstvo, nosivosti preko 3 t. Na taj način sistem je pogodan da ga potencijalni kupci mogu, prema svojim potrebama i mogućnostima, ugrađivati na svoja vozila.

Konstrukcija lansera je sklapajuća, tako da mu je visina u marševskom položaju 2,220 m, što povećava mogućnosti kretanja vozila van puteva. Ovaj PVO raketni sistem je teže uočljiv na maršu i lako se može prevoziti savremenim transportnim avionima. Potrebno je samo 40 sekundi da se prevede iz marševskog u borbeni položaj, pa sklapajuća konstrukcija ne utiče na njegovu borbenu spremnost.

Sistem za akviziciju cilja radi na principu »pronađi i lansiraj«. Poslužilac lansera osmatra situaciju u vazduhu kroz neprobijno staklo u širokom sektoru vidljivosti ($90^\circ \times 120^\circ$) ili kroz nišan (15° ili 30°). U sredstva za akviziciju cilja, takođe, spada pasivni optički tropojasni uređaj za pronalaženje.

Jedno od četiri vozila sa sistemom 9A35MZ opremljeno je pasivnim radio-goniometrom za otkrivanje i prikazivanje, u vidnom polju poslužioca, objekata koji su opremljeni impulsnim radio-tehničkim sistemima. Takvi objekti mogu da budu radarski bombarderski nišani, avionski radari koji osmatraju prednju polusferu i drugi emisioni uređaji.

Ostala tri vozila, sa sistemom 9A35MZ, nemaju radio-goniometar, a podatke o cilju dobijaju iz vozila komandira baterije. Pored toga, sva vozila su opremljena centralnim sistemom za označavanje ciljeva radi prijema podataka o cilju od drugih PVO jedinica preko žičanih veza za prenos podataka. Posle prijema takvih podataka, svi lanseri se automatski okreću u pravcu cilja koji je udaljen preko 30 km. Praćenje cilja nastavlja se u toku njegovog leta i posle trenutka kada ga je »uhvatila« glava za samonavođenje projektila.

Sistemi za akviziciju cilja i vođenje projektila STRELA-10MZ nemaju u svom sastavu sredstva aktivnog emitovanja, pa je sistem STRELA-10MZ manje osjetljiv na protivnička sredstva za otkrivanje i uništenje. To povećava njegovu otpornost na oštećenja, što je važan faktor u borbi sa protivničkim ciljevima koji lete na malim visinama. Ova osobina ga razlikuje od sistema sa komandnim linijama za upravljanje i radarima za akviziciju cilja.

Četiri vođena projektila, spremna za dejstvo, smeštena su u lanserima-kontejnerima. Druga četiri projektila smeštena su u sličnim kontejnerima u zadnjem delu vozila. Ukošeni deo lansera uvek je stabilan, bez obzira na broj projektila u njemu.

Uvežbanoj posluži potrebno je tri minuta za punjenje lansera.

Relativno male dimenzije i masa vođenog projektila omogućuju da se postupci za popunjavanje, proverava-

nje i ponovno punjenje lansera obave bez specijalnih transportno-utovarnih sredstava.

Raketni motori projektila rade na čvrsto gorivo, i njima se upravlja preko signala koji se stvaraju u trokanalnoj optičkoj glavi za samonavođenje.

Ciljeve uništavaju razorne bojne glave mase 5 kg. Pouzdano uništavanje ciljeva postiže se direktnim pogocima ili dejstvom parčadi, kada vođeni projektil detonira na razdaljini 3 m od cilja. Bojna glava opremljena je kontaktim blizinskim upaljačem.

Glava za samonavođenje projektila u odnosu na ranije verzije ima nekoliko boljih rešenja. Ona ima tri kanala: foto-kontrastni, infracrveni i kanal za zaštitu od smetnji. Ovakav izbor senzora omogućuje oružju da »uhvati« i vodi projektil ka ciljevima i pod vrlo nepovoljnim atmosferskim uslovima, a i u uslovima kada protivnik primenjuje optičke i toplotne mamce. Poslužilac bira kanal glave za samonavođenje pre lansiranja vođenog projektila, uzimajući u obzir realnu situaciju za ometanje. Foto-kontrastni i infracrveni kanali obezbeđuju uništenje cilja u čeonom kursu, kursu gonjenja i u toku borbe.

Američki PVO sistem CHAPARRAL sličan je sistemu STRELA-10MZ, ali ima samo jedan kanal, i to infracrveni, tako da je u stanju da pogađa ciljeve samo na kursevima gonjenja. Nadmoćnost ruskog PVO sistema može da odigra važnu ulogu u savremenim manevarskim uslovima odbrane jedinica.

Za sprečavanje napada na sopstveni avion ili avion koji se nalazi van zone uništenja, sistem ima uređaj »svoj-tuđ« i uređaj za ocenjivanje zone dejstva. Prvi uređaj određuje priпадnost cilja na daljinama do 12 km i visinama od 25 do 5000 m. Drugi uređaj automatski određuje poziciju cilja u odnosu na granice zone lansiranja i sprečava lansiranje ka ciljevi-

ma koji su van zone uništenja. Ovaj uređaj, takođe, proračunava ugao prećicanja pre lansiranja.

Višegodišnje korišćenje u operativnim uslovima i ispitivanja u različitim klimatskim uslovima potvrdila su tačnost objavljenih tehničkih podataka kao što je vreme između dve neispravnosti od najmanje 500 časova i vek projektila od 20 godina.

Sistem STRELA-10MZ poseduje i dva pomoćna vozila — ispitno i za održavanje. Ispitno vozilo je namenjeno za proveravanje tehničkog stanja vođenih projektila. Parametri vođenih projektila i njihova spremnost za borbenu primenu ispituju se automatski prema unapred postavljenom programu.

Vozilo za održavanje namenjeno je za održavanje, opravke i ispitivanje opreme borbenih vozila u poljskim uslovima.

Pored ova dva pomoćna vozila postoji i generator sa benzinskim motorom kojim se štedi resurs pogonskog dizel-motora pri dejstvu vozila sa mesta. Generator obezbeđuje električnu energiju istovremeno za četiri borbeni vozila.

Uprkos lakom opsluživanju sistema, konstruktori su razvili specijalne trenažere za borbene posade, konkretno komandire i poslužioce, radi održavanja sistema u stalnoj borbenoj gotovosti i obuke u akviziciji i označavanju ciljeva. Na taj način borbene poslude stiču osećaj timskog rada koji je neophodan u borbenim dejstvima. Obučavaju se u vizuelnom određivanju parametara ciljeva, »hvatanju« (prelasku na automatsko praćenje) ciljeva koji manevrišu i gađanju.

Trenažeri omogućuju produženje radnog veka borbenih sredstava i obučavanje ljudstva u obavljanju različitih zadataka. Borbene poslude se na trenažerima takođe, mogu uvežbavati u korišćenju školskih vođenih projekti-

la a na kraju dolazi završni oblik borbene obuke — borbeno gađanje simuliranih ciljeva u vazduhu.

*Tehničke karakteristike sistema
»STRELA 10MZ«*

Maksimalni uništavajući do- met (m)	5000
Visina uništenja cilja u vaz- duhu (m)	25 do 3000
Metod otkrivanja i primene	»lansiraj i zaboravi«
Broj projektila	8
Posada (broj članova)	3
Radni temperaturni interval (°C)	-50 do +50
Masa sistema (kg)	12300
Maksimalna brzina borbe- nog vozila (km/h)	61,5
Akcioni radijus (km)	500
Okretanje lansera po azimu- tu (stepeni)	neograni- čeno
Okretanje lansera po eleva- ciji (stepeni)	-5 do +80
Brzina navođenja lansera po azimutu (stepeni/s)	0,3 do 50
Brzina navođenja lansera po elevaciji (stepeni/s)	0,3 do 100

P. Marjanović

BORBENI HELIKOPTER Ka-50*)

Kompanija KAMOV otpočela je 1977. godine razvoj savremenog borbenog helikoptera Ka-50. U to vreme flotu sovjetskih borbenih helikoptera sačinjavali su helikopteri Mi-24, koji prema svojim karakteristikama ne bi mogli da se suprotstave novim američkim helikopterima za vatrenu podršku AH-64 APACHE, čiji je razvoj tada započeo.

Pri kreiranju novog borbenog helikoptera, konstruktori kompanije KAMOV izvršili su analizu konfiguracija

nekoliko helikoptera. Iskustva iz Avganistara i Vijetnama otkrila su niski stepen opstanka na bojištu klasičnih helikoptera sa jednim rotorom, zbog ranjivosti repnog rotora i dugačke transmisije za njegovo okretanje.

U prvi plan izbile su prednosti aerodinamički simetričnog koaksijalnog glavnog rotora. Takav rotor obezbeđuje lakše upravljanje helikopterom, kako u režimu ručnog upravljanja, tako i u režimu automatskog upravljanja što je mnogo važnije. Na taj način obezbeđuju se bolje manevarske osobine a posebno uzletanje i sletanje u uslovima jakog vetra. Štaviše, koaksijalni rotor znatno poboljšava verovatnoću opstanka helikoptera u borbenim uslovima, ima kompaktniju transmisiju za pokretanje rotora i znatno smanjuje gubitke snage motora. Danas se helikopter Ka-50 smatra jednim od najboljih na svetu, posebno sa aspekta efikasnog korišćenja snage motora.

Poznavaooci vazduhoplovstva znaju za akrobatske sposobnosti ruskog aviona MiG-29 pod nazivom »zvono«, ili aviona Su-27 i njegove »kobre Pugačova« koje su šokirale stručnjake i posmatrače.

Helikopter Ka-50, takođe, ima svoje akrobatske sposobnosti koji nijedan drugi helikopter ne može tako da izvede, a to je tzv. »levak«. »Levak« je akrobatski element koji obezbeđuje koncentričnu vatru helikoptera, upućenu na cilj malih dimenzija. Stalno pomeranje helikoptera u »levku« po pravcu i po visini znatno otežava nišanjeenje protivnika. Helikopter Ka-50 može bočno da leti brzinom od 80 km/h a unazad brzinom od 90 km/h. Potrebno mu je samo nekoliko sekundi za promenu smera letenja. Ka-50 je, za sada, jedina letelica na svetu koja može da lebdi u mestu 12 časova neprekidno.

Prioriteti kompanije KAMOV protežu se dalje od neprevaziđenog iskustva u teoriji i praksi konstrukcije helikoptera sa koaksijalnim rotorima. Od

*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar—februar 1994.

1965. godine kompanija koristi kompozitne materijale na bazi staklenih vlakana, za izradu lopatica rotora helikoptera, što je 10 godina pre ostalih konstruktora u svetu. Slične lopatice rotora helikoptera četvrte generacije ugrađene su i na helikoptere Ka-50. Jedna od lopatica glavnog rotora izdržala je trideset pogodaka iz automatskog oružja u toku ispitivanja izdržljivosti na oštećenje. Letelica je nastavila kretanje sa takvim oštećenjem još 80 časova bez havarije.

Borbena snaga helikoptera Ka-50 zasnovana je na vatrenim mogućnostima protivoklopnih vođenih projektila i automatskog topa. Često, kada helikopter napada tenkove, istovremeno postaje i unosan cilj za protivnika. Tada je Ka-50 u stanju da odbije napade nadzvučnim protivoklopnim vođenim projektilima VIHOR, čiji je maksimalni domet 10 km. Ovaj raketni sistem doprinosi da se smanji vreme koje helikopter provede u zoni vatre i prevazilazi efektivni domet protivničkih protivavionskih vođenih projektila.

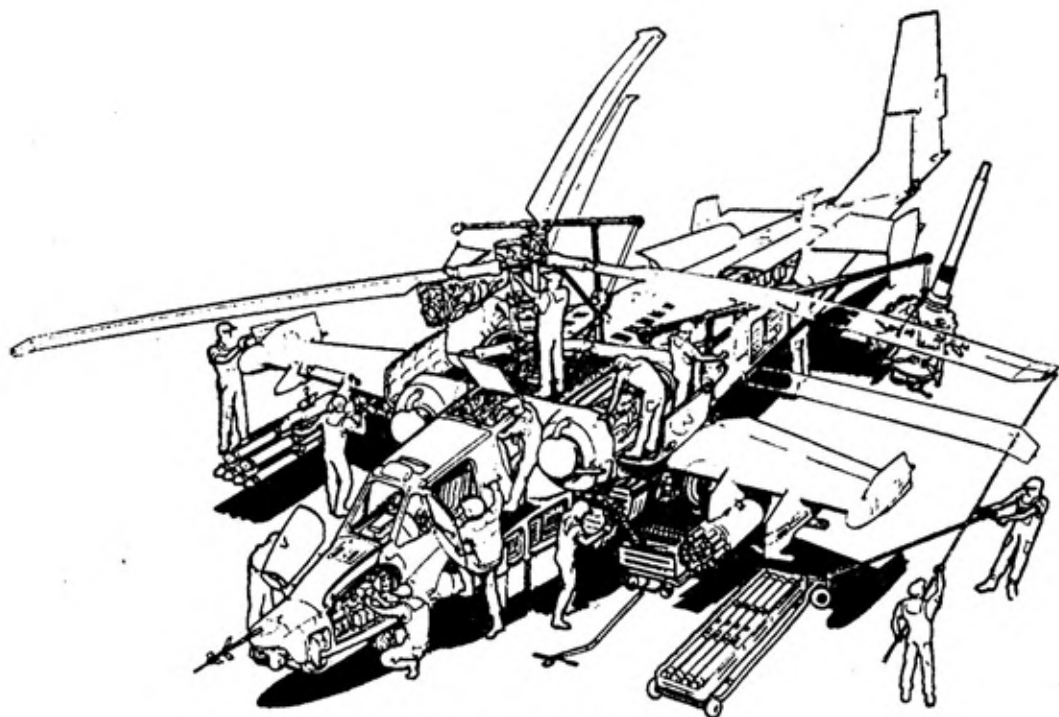
Kombinovana bojna glava nadzvučnih vođenih projektila ima nekoliko različitih upaljača. Navedeno naoružanje, u kombinaciji sa veoma preciznim sistemom vođenja, koji je otporan na ometanja, obezbeđuje efikasan napad na različite ciljeve, uključujući i oklopne (sa oklopom debljine do 900 mm), kao i ciljeve u vazдушnom prostoru koji lete brzinom do 800 km/h. Nadzvučni vođeni projektili su tako u savršeni da su za protivnika neprijetni sve do pogađanja cilja. Karakteristika ovih projektila je rezerva snage koja se dobro može iskoristiti za povećanje njihovih borbenih mogućnosti. Prilikom obimnih ispitivanja potvrđene su izvanredne karakteristike sistema za automatsko vođenje tako što su ciljevi malih dimenzija efikasno otkrivani na maksimalnim dometima.

Na sl. 1 prikazan je helikopter Ka-50.

Snažni top kalibra 30 mm 2A42, pozajmljen je iz naoružanja KoV. U pogledu korišćenja municije potpuno je usaglašen sa topom kojim su naoružana borbena vozila pešadije BMP-2. Top ima selektivnu brzinu gađanja i omogućava selektivno uvođenje municije iz dve municijske kutije u kojima je smeštena pancirna i razorna municija. Ovakvo rešenje povećava njegovu efikasnost pri gađanju oklopnih ciljeva ili ciljeva u vazдушnom prostoru za više od 30%. Resurs cevi topa omogućava ispaljivanje 500 metaka u neprekidnom gađanju bez hlađenja cevi. Top kalibra 30 mm 2A42, ugrađen u borbena vozila pešadije BMP-2 i borbene helikoptere Ka-50, pokazao je veliku pouzdanost i u uslovima kada je atmosfera puna prašine. Zbog očuvanja velike preciznosti gađanja i drugih važnih karakteristika top je ugrađen u težištu helikoptera. Na taj način zadovoljeni su uslovi u pogledu čvrstoće, bez potrebe dodatnog ojačavanja konstrukcije helikoptera. Pored toga, ovakav način ugradnje smanjuje efekat trzanja topa i njegov odraz na masu helikoptera, i ne utiče na položaj težišta helikoptera posle praznjenja municijskih kutija. Za održavanje pravca gađanja koristi se elektrohidraulički servouređaj za pokretanje čevi topa po horizontali i vertikalni.

Predložene su različite verzije naoružanja helikoptera Ka-50 kako bi se što bolje uklopio u postojeću flotu borbenih helikoptera KoV, i za efikasno dejstvo po različitim ciljevima. Ubojna sredstva se postavljaju na četiri držača koji mogu da prime praktično sve vrste vazduhoplovnog naoružanja. Jedino ograničenje je kapacitet nošenja. Za korišćenje velikog broja ubojnih sredstava nisu potrebne nikakve izmene u konstrukciji helikoptera ili algoritmu sistema za upravljanje naoružanjem.

Postoji mogućnost promene nagiba nosača ubojnih sredstava (pajlona)



Sl. 1 — Borbeni helikopter Ka-50

u odnosu na njihov horizontalni položaj. Zahvaljujući mogućnosti promene nagiba za 10° nadole, nosači mogu da poboljšaju efekat dejstva konvencionalnih ubojnih sredstava koja su na njima podvešena. Dodatni rezervoari za gorivo mogu se, u slučaju potrebe, podvesiti na nosače ubojnih sredstava.

Za grupno dejstvo helikopter Ka-50 ima potrebnu opremu, a potrebne podatke može da prima od različitih sistema vođenja. Primljeni podaci se prikazuju na pokazivaču (displeju) koji se nalazi na vetrobranskom staklu.

Zbog postizanja visoke preciznosti vazduhoplovnih ubojnih sredstava, ljudski faktor (poslužilac) zamenjen je automatskim sistemom za vođenje, zahvaljujući visokim standardima ruske vojne industrije i iskustvu stručnjaka kompanije KAMOV u razvoju i izra-

di vazduhoplovne elektronske opreme. Zbog toga je broj članova posade helikoptera Ka-50 sveden na minimum, odnosno njime upravlja samo jedan pilot.

Od samog početka razvoja vođeno je računa o poboljšanju zaštite helikoptera radi njegovog opstanka na bojištu. Kompaktna jednopilotna letelica mora biti dovoljno pouzdana da zaštiti jedinog člana posade. Za razliku od američkog helikoptera APACHE, osnovni elementi helikoptera Ka-50 su manjih dimenzija. Kompletno izostavljanje repnog rotora sa njegovom transmisijom i elementima upravljanja, pruža mogućnost da se oštećenja repne grede mogu podneti bez ozbiljnijih posledica. Poboljšanje verovatnoće opstanka letelice postignuto je uspešnim rešavanjem više problema, kao što je pouzdan rad pogona roto-

ra, i u slučaju oštećenja sistema za podmazivanje, spasavanje u slučaju potrebe uz korištenje pomoćnih sredstava, sveobuhvatni protivpožarni sistem i mnogi drugi.

Kompozitni materijali korišteni su u izradi 35% elemenata noseće konstrukcije helikoptera. Oni ne samo da smanjuju masu već, u slučaju pogađanja, ne stvaraju sekundarne efekte koji su karakteristični za metalne konstrukcije (parčad, varničenje).

Posebna pažnja posvećena je zaštiti letačke kabine i sistema za dovod goriva. Pilot helikoptera Ka-50 smješten je u oklopu zaštićenog kabini, čija je masa više od 300 kg. Višestruka ispitivanja primenjenih različitih zaštitnih materijala potvrdila su visoke operativne i borbene karakteristike kombinovanog čeličnog oklopa. Oklop je deo osnovne konstrukcije trupa letelice i jednovremeno mu obezbeđuje dodatnu čvrstoću. Zahvaljujući njegovoj poboljšanoj otpornosti na dejstvo pogodaka vatrenog oružja, pilot je zaštićen od neposrednih pogodaka nekoliko granata kalibra 20 mm. Konstrukcija i unutrašnji raspored pilotske kabine ograničavaju promenu njene unutrašnje zapremine za 10 do 15% u slučaju udara helikoptera u zemlju.

Nova konstrukcija stajnog trapa i trupa helikoptera obezbeđuje apsorbovanje preopterećenja pri udaru u zemlju, a razmeštaj sistema za dovod goriva sprečava mogućnost pojave požara prilikom grubog sletanja. U slučaju otkaza jednog od dva motora, helikopter Ka-50 može da nastavi let sa jednim motorom. Komandne poluge nagibne ploče rotora mogu funkcionisati, čak i ako je jedna primila dva pogotka iz mitraljeza većeg kalibra.

Posebnu pažnju zasluhuje i sistem za prinudno spasavanje pilota koji je prvi ovakve vrste u svetu. Sistem je pouzdan i u kritičnim situacijama. Se-

dište K-37 omogućava pilotu da se izbac (katapultira) na svim visinama i pri svim brzinama letelice, uključujući i nultu. Pilot može da iskoči sa padobranom i bez izbacivanja. Kada se sistem aktivira, u helikopteru se automatski obavlja nekoliko uzastopnih operacija: odbacivanje lopatica glavnog rotora, otvaranje ploče pilotske kabine i aktiviranje raketnog motora sistema za izbacivanje. Ovaj sistem najpogodniji je za helikoptere sa jednim članom posade zbog kratkog vremena koje je na raspolaganju za spasavanje na maloj visini.

Kod helikoptera Ka-50 takođe je uspešno rešen problem vremena i napora ljudstva koje priprema helikopter za borbu. Za pripremu ubojnih sredstava i podvešavanje na nosače helikoptera koriste se električne dizalice koje su ugrađene u nosače ubojnih sredstava, čija je nosivost do 500 kg. Nadzvučni vođeni projektili popunjavaju se kao jedinstven blok, a proces smeštanja municije u redenicima i u municijske kutije je pojednostavljen i mehanizovan. Raspored opreme u helikopteru omogućava rad više stručnjaka istovremeno.

Posebno tehničko rešenje su te flonski zglobovi koji se ne podmazuju, a nalaze se na svim ležajevima mehaničkog sistema. Njihov radni vek je najmanje deset puta duži nego kod klasičnih ležajeva. Borbeni helikopter Ka-50 projektovan je za dugotrajno korišćenje sa nepripremljenih uzletišta, udaljenih od glavnih baza.

Smatra se da helikopter Ka-50 nije samo još jedna dobra borbena letelica već da predstavlja novi trend u konstruisanju helikoptera kao i u taktici avijacije KoV. Prvobitno namenjen da *neutrališe* američki jurišni helikopter AH-64A APACHE Ka-50 je nadmašio ovog svog rivala po svim karakteristikama.

	Ka-50	AH-64A
Kalibar topa (mm)	30	30
Borbeni komplet municije (kom)	500	1200
Brzina gađanja (metaka/min)	200 do 300/800	550
Masa topa (kg)	115	57
Vrsta municije	pancirna i razorna	razorna
Domet (km)	3	1,5
Početna brzina granate (m/s)	980	550
Masa granate (g)	1000	380
Domet protivoklopnih vođenih projektila (km)	8 do 10	6
Brzina leta projektila	nadzvučna	podzvučna
Broj vođenih projektila	12	8
Vrsta bojne glave	kombinovana i protivoklopna	protivoklopna i protiv ciljeva u vazduhu
Kalibar nevođenih raketa (mm)	80	70
Broj nevođenih raketa (kom)	40	38

P. Marjanović

PRESRETAČ MiG-31*)

Konstruktorski biro A. Mikojana započeo je 1972. godine radove na modifikaciji aviona MiG-25, poznatog po svojim visinsko-brzinskim karakteristikama, na kojem su tada obavljena ispitivanja u vazдушnom prostoru. Razvoj nove letelice diktirale su potrebe za poboljšanjem borbene sposobnosti aviona za protivvazдушnu odbranu i želje da se smanji broj tipova postojećih presretačkih aviona u naoružanju.

Novi avion oznake MiG-31, namenjen je za uništavanje ciljeva u vazдушnom prostoru na velikim i malim visinama, u prednjoj i zadnjoj hemisferi i na zemlji, u svim vremenskim i meteorološkim uslovima. Takođe, predviđen je i za uspešno suprotstavljanje protivničkom ometanju.

Novi presretač postigao je potpun uspeh i zadovoljio sve postavljene zahteve. Može da uništava sve vrste aerodinamičkih ciljeva, od krstarećih raketa i helikoptera do brzih aviona na velikim visinama, kao što je američki avion LOCKHEED SR-1. Zbog toga je avion MiG-31 dobio naziv višenamenski presretač.

Za razliku od svog prethodnika, MiG-31 ima dvočlanu posadu koju čine pilot i navigator-poslužilac. Smešteni su u kabini sa tandem-sedištima.

Po svojoj strukturi presretač MiG-31 je sličan avionu MiG-25. Kao i drugi avioni velikih brzina i za velike visine, njegova konstrukcija može da izdrži mehaničko preopterećenje i kinetičko zagrevanje koje narasta usled trenja. Nerđajući čelik sačinjava 50% kostura aviona, a ostatak čine titan 16%, legure aluminijuma 33% i drugi materijali 1%.

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar-februar 1994.

Pogonska grupa aviona MiG-31 sastoji se od dva motora D-30F6, koji su izazvali iznenađenje na međunarodnoj izložbi u Parizu 1990. godine. Drugo iznenađenje na istoj izložbi bio je ZASLON — radar za upravljanje vatrom sa faziranom antenskom rešetkom.

Mada je radar u upotrebi već 15 godina i dalje je jedinstven, jer mu prečnik stacionarne antene iznosi 1,1 m. Zahvaljujući njemu, avion MiG-31 je jedini presretač sa faziranom antenskom rešetkom koja ima elektronsko skeniranje, koji se proizvodi u velikim serijama.

Maksimalna daljina otkrivanja cilja veličine bombardera je 200 km. Daljina praćenja cilja, tipa AWACS, iznosi 260 km, a tipa lovca — 90 km u prednjoj hemisferi. Standardno vidno polje radara ZASLON iznosi 140°, a vertikalno vidno polje je raspona $\pm 70^\circ$. On olakšava otkrivanje ciljeva koji se nalaze iznad (u gornjoj hemisferi) i ispod njega (bliže zemlji). Može istovremeno da prati do 10 ciljeva i da vodi projekte na 4 od tih 10 ciljeva. Za razliku od američkog lovačkog aviona F-14 TOMCAT, koji može da prati i vodi vođene projekte PHOENIX do ciljeva u relativno uskom sektoru, radar aviona MiG-31 može to da obavi u celom vidnom području.

U nosu aviona ugrađen je IC sistem za traganje i praćenje na poluuvučenom zglobnom držaču koji omogućava njegovo izvlačenje u radni položaj za vreme leta. Pomoću ovog sistema avion može »neprimetno« da otkriva ciljeve, napada ih i efikasno funkcioniše u uslovima primene intenzivnih protivradarskih mera.

U pilotskoj kabini, na vetrobranu, nalazi se napadačko-pilotski ekran u boji. Radio-navigacijska oprema može da dovede avion do određene zone sa tačnošću od 0,13 do 4 km. Ugrađena oprema aviona MiG-31 omogućuje njegovo korišćenje pojedinačno ili u grupi sličnih aviona. Takođe, može se ko-

ristiti za vođenje slabije opremljenih lovačkih aviona.

Veliki operativni domet ugrađenog radara zahtevao je i razvoj odgovarajućih vođenih projektila. U standardno naoružanje aviona MiG-31 spadaju vođeni projektili R-33 (AA-9 AMOS) sa dometom od 120 km. U osnovnoj verziji aviona-presretača vođeni projektili su poluuvučeno ugrađeni na četiri podtrupna nosača. Ovi projektili mogu da pogađaju ciljeve na visinama od 25 m, pa sve do 28 km. Brzina cilja može biti $M=3,5$. Vođeni projektili mogu jednovremeno da pogode 4 cilja koji lete na različitim daljinama i visinama.

Avion je naoružan i vođenim projektilima srednjeg dometa (dva projektila) R-40T (AA-6 ACRID) ili modifikovanim verzijama R-46TD. Ovi projektili su podvešeni na potkrilne nosače. Imaju IC glavu za samonavođenje, a domet im je oko 70 km. Mogu da budu zamenjeni sa 4 vođena projektila kratkog dometa i velikih manevarskih sposobnosti R-60 i R-60M (AA-8 APHID). Pasivno IC samonavođenje kružnog dejstva obezbeđuje velike manevarske sposobnosti vođenih projektila. Pošto su potpuno autonomni, ovi projektili nemaju ograničenja u pogledu početnih uslova lansiranja. Mogu da uništavaju aerodinamičke ciljeve koji se kreću na visinama preko 5 metara. Vođeni projektili mogu se koristiti danju i noću protiv ciljeva na zemlji ili vodi, u uslovima prirodnog ili organizovanog protivničkog ometanja.

Presretač je naoružan i šestocevnim topom GS-6-23, čija je brzina gađanja 6000 metaka/min. Top je ugrađen ispod trupa. Masa njegovog projektila (granate) iznosi 200 g, a početna brzina 700 m/s. Borbeni komplet municije čini 260 metaka. Punjenje topa municijom iz doboša umesto iz ređenika znatno skraćuje vreme ponovnog punjenja aviona municijom. Kada se top ne koristi zatvoren je aerodinamičkim poklopcima.

Grupa od 4 aviona MiG-31 može da kontroliše vazdušni prostor širine 800 do 900 km. Sistem za vezu omogućava bezbednu izmenu radarskih informacija u okviru grupe aviona na daljini oko 200 km. Isti sistem koristi se za održavanje kontakta sa komandnim centrima na zemlji. Time je omogućeno da presretač ostane »neprimetan« i pri napadu cilja koji prati.

MiG-31 je avion koji ne zahteva posebno održavanje. Njegov samotes-tirajući sistem brzo procenjuje ispravnost ugrađene opreme. Pouzdanost ovog aviona i njegovih sistema prevazi-lazi standardne zahteve i trenutni svetski nivo.

Višenamenski avion-presretač MiG-31 već je modifikovan u MiG-31M ugrađnjom snažnijeg radara. Naoružanje mu je, takođe, povećano: ima 6 vođenih projektila dugog dometa, podve-šenih ispod trupa na isti način kao kod osnovnog modela. Vođeni projektili srednjeg dometa R-40T, ustupili su mesto vođenim projektilima složenije konstrukcije R-73 (AA-11 ARCHER) i R-77 sa aktivnom radarskom glavom za samonavođenje (slični američkom vođenom projektilu AIM-120 AMRA-AM). Vođeni projektil R-77 može da uništava ciljeve počevši od helikoptera koji lebde ili su na zemlji, pa do vođenih projektila vazduh-zemlja i vazduh-vazduh. Ovaj vođeni projektil kružnog dejstva i za sve vremenske uslove imun je na radarska ometanja. Dejstvuje po principu »lansiraj i zaboravi« sa višekanalnim paljenjem. Kratke aerodinamičke površine, povezane sa 4 rešetkaste komandne površine, po-boljšavaju efikasnost vođenja i sma-njuju efektivnu refleksnu površinu projektila. Sada je u fazi razvoj snažnijeg vođenog projektila sa procenjenim do-metom preko 150 km.

Sa aspekta funkcionisanja i borbe-nih sposobnosti, palubni američki pre-sretač F-14 TOMCAT, može se smatrati suparnikom presretača MiG-31. Među-

tim, ruski presretač ga prevazilazi u pogledu maksimalne brzine i maksi-malne visine leta. Takođe, ima približno isti dolet krstarenja i bolje sposo-bnosti sistema za upravljanje vatrom. Do 1990. godine presretač F-14 TOM-CAT koristio je sistem veze HARRIS za automatsku izmenu informacije sa ko-mandnim centrom na nosaču aviona, ili sa avionom E-2C AWACS, koji je služio kao retranslator između avion-skog radara aviona F-14 i drugih pre-sretača u istoj grupi. Bezbedni sistem za prenos podataka, koji omogućava

Uparedni podaci za presretače dalekog doleta

	MiG-31	F-14D
Masa aviona bez spo-ljašnjih rezervoara (kg)	41000	29500
Masa aviona sa spoljaš-njim rezervoarima (kg)	46200	32900
Broj i tip motora	2 x D-30F6	2 x F-110-E-6400
Potisak motora sa nak-nadnim sagorevanjem (kN)	2 x 152	2 x 124,5
Maksimalna brzina (km/h)	3000	2100 do 2200
Maksimalna visina leta (km)	20,0	17,5
Visina pri nadzvučnom letu (km)	18	12
Brzina pri nadzvučnom letu (km/h)	2500	1400 do 1500
Maksimalna daljina presretanja (km): — podzvučno, sa/bez SR*)	1450/ /1200	1230/-
— nadzvučno, sa/bez SR	-720	-/510
— podzvučno sa SR uz dopunjavanje	2050	—
Trajanje leta u zoni očekivanja na daljini od 550 km (min)	80	70
Broj ciljeva praćenih /napadnutih	10/4	24/6

* SR — spoljašnji rezervoari.

automatsku razmenu informacija između 4 presrećaća bez »posrednika« jedina je novina koja je uvedena na F-14 krajem 1991. godine.

Borbene sposobnosti presrećaća MiG-31, kao i jedinstvene karakteristike njegovog avionskog radara, svrstavaju ga među najbolje u svetu.

P. Marjanović

MALE RUSKE PODMORNICE*)

PIRANA je mala podmornica na dizel-pogon, PROJECT 865, koju su konstruisali stručnjaci Mornaričkog tehničkog biroa MALAHIT iz St. Petersburga.

Ova mala podmornica ima mnogo više naoružanja po toni mase nego bilo koja druga u svetu. Može da nosi mine, torpeda i podvodne diverzante sa opremom koja im je potrebna za obavljanje najraznovrsnijih zadataka.

Telo male podmornice PIRANA izrađeno je od nemagnetičkog materijala, otpornog na koroziju. Zahvaljujući jedinstvenoj proizvodnoj tehnologiji, ova podmornica je veoma čvrsta i skoro nečujna. Njeno nemagnetično telo sprečava bilo kakvo oštećenje od dejstva mina, a obezbeđeni su i povoljni uslovi za rad podmorničara.

U dva spoljašnja hermetizovana kontejnera smešten je široki asortiman specijalne opreme za rad podmorničara, uključujući i individualna sredstva za podvodno kretanje. Pri podvodnom kretanju ronionci su povezani sa podmornicom iz koje dobijaju kiseonik za disanje, toplotnu i električnu energiju, a obezbeđen je i pogon hidrauličnog alata.

Zahvaljujući izvanrednom upravljanju, mala podmornica PIRANA je nezamenljiva u obavljanju specijalnih

zadataka, kao što su napadi na protivničke brodove u priobalnom pojasu.

Ugrađena savremena navigacijska sredstva, sredstva za vezu, sredstva za hidroakustiku, radar i veliki stepen automatizacije upravljanja (podmornicom upravlja samo jedan čovek), čine da PIRANA ima iste mogućnosti kao i daleko veće podmornice. Ona može da »vidi«, »čuje« i da odredi položaj protivnika isto tako dobro kao što mogu i veće podmornice. Zahvaljujući malom depasmanu može da proдре u zone koje su nedostupne većim brodovima.

Uprkos malim dimenzijama, unutrašnjost podmornice obezbeđuje povoljne uslove za posadu i ronioce, zahvaljujući netradicionalnoj konstrukciji, velikoj gustini razmeštaja, miniaturizaciji unutrašnje opreme i smeštaju ubojnih i transportnih sredstava spolja.

PIRANA ima mogućnost dugotrajne plovidbe. Punjenje olovniа akumulatora (1200 kW/h) i dopunu komprimiranog vazduha može da obavi samostalno za 8 časova. Za dugotrajnu plovidbu potrebno je izvršiti popunu desetodnevnog sledovanja gorivom, mazivom, hranom, svežom vodom, sredstvima za regenerisanje vazduha i isprazniti rezervoare za upotrebljeno ulje, fekalije i prljavu vodu.

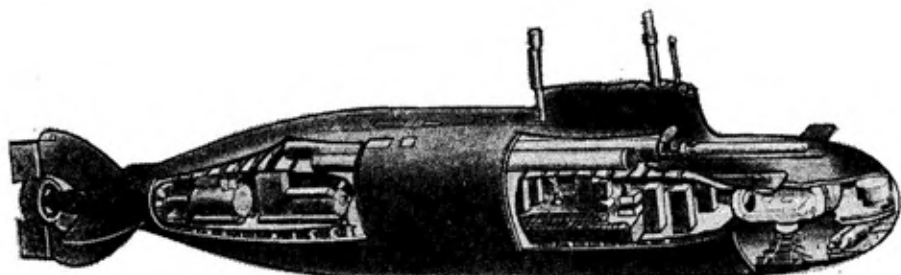
Podmornica može da bude stacionirana na bilo kom delu sidrišta sa opremljenim gatом. Zbog uštede resursa opreme, podmornica sa obale se snabdeva istosmernom strujom napona 190 do 320 V i snage 10 do 25 kW, naizmeničnom strujom napona 220 V, snage 4 kW, i frekvencije 400 Hz, vazduhom pod pritiskom od 200 MPa i hladnim ili zagrejanim vazduhom za ventilaciju. Podmornica PIRANA je vrlo ekonomična u eksploataciji.

Rusija ima izvanredni vežbovno-istraživački kompleks za obuku posada podmornice PIRANA, sa najsavremenijom elektronskom opremom koja

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar-februar 1994.

omogućuje uvežbavanje stručnjaka u uslovima koji su slični borbenim.

Razmeštaj osnovne opreme na maloj podmornici PIRANA prikazan je na slici 1.



Sl. 1 — Razmeštaj opreme u maloj podmornici PIRANA

PIRANA se može masovno proizvoditi u ruskim brodogradilištima, dok se u drugim zemljama podmornice sa ovakvim karakteristikama još nalaze u fazi projektovanja i neće se proizvoditi pre 21. veka. To se posebno odnosi na italijansku malu podmornicu S300 CC i nemačku TR-300. Mornarički tehnički biro MALAHIT već je konstruisao i podmornicu PIRANA-2.

Model PIRANE je prikazan na međunarodnim izložbama 1993. godine i izazvao senzaciju među stručnjacima. Radeći na konstrukciji podmornice, konstruktorski tim je morao da reši mnoge probleme, što je doprinelo ugledu ovog projekta u svetu. Stvaranje ovakvih podmornica je moguće zahvaljujući radikalnom prekidu sa starim stereotipnim načinom projektovanja podmornica, reviziji teorije o njihovom taktičkom korišćenju u fundamentalnom smislu i elaboriranju potpuno novih i originalnih metoda i zahteva.

Ruska vlada je odlučila da se podmornice PIRANA ponude zainteresovanim kupcima. Biro MALAHIT nudi različite vrste saradnje: prodaju gotovih podmornica sa opremom po izboru kupaca, iznajmljivanje (zajedničko kori-

šćenje), projektovanje i proizvodnju, zajedničku proizvodnju, licencu za proizvodnju i obuku posada.

Pored PIRANE i supermala podmornica TRITON (sl. 2), prikazana je

na međunarodnim izložbama. To je autonomna supermala podmornica za vojne roniocce, namenjena za: postavljanje mina, prevoz, iskrcavanje i povratak ronilaca — izviđača i njihove opreme, za podvodne patrole, pronalaženje i uništenje podvodnih diverzanata i pregled podvodnih objekata i korita brodova.

Podmornica je opremljena svim potrebnim tehničkim sredstvima koja obezbeđuju izvršavanje navedenih zadataka i odgovara najvišim standardima pomorske bezbednosti.

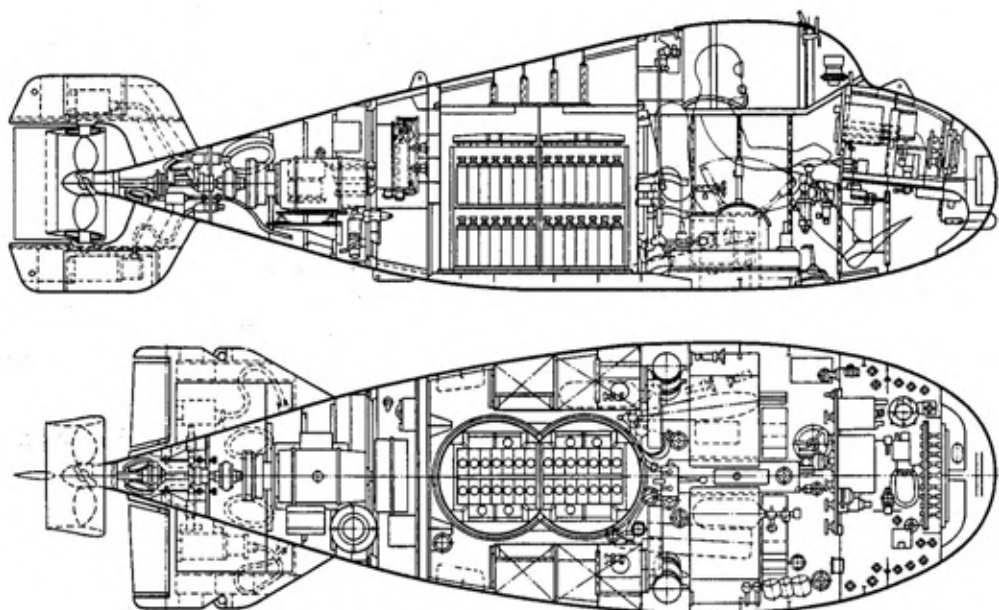
TRITON je lak za upravljanje i ima izvanredne manevarske sposobnosti, a maksimalna podvodna brzina mu je 6 čvorova. Opremljen je najsavremenijom opremom za navigaciju, vezu, automatsko upravljanje i stacionarnim sistemom za disanje.

Podmornica se može prevesti do svoje baze ili mesta korišćenja bilo kojim transportnim sredstvom, a u komplet TRITON-a spada i specijalna automobilska prikolica za prevoženje.

Za porinuće podmornice potrebna je dizalica nosivosti 2 t.

Postoji i projekat male podmornice na bazi PIRANA, pod nazivom ISTRAŽIVAČ, koja je namenjena za eko-

mornice se sklapaju zavisno od prirode i specifičnosti zadatka koje treba da izvršavaju.



Sl. 2 — Mala podmornica TRITON

loška, okeanografska i geološka istraživanja pod vodom, izučavanje potencijalno novih kablovskih i cevovodnih podvodnih trasa, obavljanje spasilačkih operacija, traganje za podvodnim objektima i snimanja na dubini do 150 m.

Zadržavajući najbolje karakteristike svojih vojnih prethodnika mala podmornica ISTRAŽIVAČ ima niz novih tehničkih rešenja koja joj omogućuju da se efikasno koristi za obavljanje različitih komercijalnih zadataka. Njena cena i vreme izrade su mali jer je projektovana u okviru kapaciteta za postojeće osnovne ratne podmornice i u okviru postojećih tehnoloških i proizvodnih kapaciteta. U svakom pojedinačnom slučaju komercijalne male pod-

Tehničke karakteristike malih podmornica

Zemlja	Italija	Nemačka	Rusija
Tip podmornice	S300CC	TR-300	PIRANA
Dužina (m)	33,15	33,0	28,3
Prečnik tela (m)	3,65	4,0	3,7
Deplasman (t)	274	370	218
Dubina ronjenja (m)	300	100	200
Posada (broj članova)	7	9	3—4
Daljina krstarenja (n. milja)	1400	2000	1000
Godina izgradnje	projekt	projekt	1988—1990.

Tehničke karakteristike malih podmornica

Zemlja	Italija	Rusija	
Tip podmornice	CE-2E	TRITON	TRI-TON-2
Dužina (m)	7	5	9,5
Prečnik tela (m)	1,3	1,2	1,9
Deplasman (t)	1,9	1,6	5,7
Dubina ronjenja (m)	30—60	40	40
Posada (broj članova)	2	2	6
Daljina krstarenja (n. milja)	60	30	60

Tehničke karakteristike dizel-električne male podmornice ISTRAŽIVAC

Standardni deplasman (t)	250
Maksimalna dubina ronjenja (m)	200
Dužina (m)	31,5
Podvodna brzina (čvor):	
— maksimalna	6,5
— krstareća	4,0
— u režimu traganja	1,0—1,5
Trajanje plovidbe na moru (dana):	
— sa izranjanjem	10
— bez izranjanja	1—2
Daljina krstarenja (n. milja)	1000
Posada (broj članova)	5

P. Marjanović

NIU »VOJSKA«, 11002 Beograd, Birčaninova 5
Telefoni: 645-020 i 656-122, lokali: 22-584 i 23-403
Telefax: 644-042, žirc-račun: 40823-849-0-2393

NARUDŽBENICA

Pretplaćujem(o) se na časopise za 1995. godinu, i to:

kompleta

1. VOJNOTEHNIČKI GLASNIK (stručni i naučni časopis VJ) izlazi dvomesečno. Godišnja pretplata 30,00 dinara, polugodišnja pretplata 15,00 dinara;
2. NOVI GLASNIK (vojnostručni intervidovski časopis VJ), izlazi dvomesečno, u koloru, sa posebnim dodatkom uz svaki broj. Godišnja pretplata 60,00 dinara, polugodišnja pretplata 30,00 dinara;
3. VOJNO DELO (opštevojni teorijski časopis) izlazi dvomesečno. Godišnja pretplata 40,00 dinara, polugodišnja pretplata 20,00 dinara.

Broj primeraka časopisa koji se naručuje upisati u narudžbenicu i poslati na adresu: NIU »VOJSKA«, Birčaninova 5, 11002 Beograd.

Za pretplate fizičkih lica ne dostavljamo fakture. Poručioци uplaćuju iznos pretplate na žiro-račun NIU »VOJSKA«: 40823-849-0-2393 (sa naznakom za koji časopis) i šalju primerak uplatnice uz narudžbenicu.

U slučaju spora nadležan je Drugi opštinski sud u Beogradu.

Časopise slati na adresu:

Kupac
(prezime i ime, naziv ustanove i broj telefona)

Mesto ul. br. ..

Dana: 199..... god.

M.P.

.....
Potpis naručioca

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis Vojske Jugoslavije.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, 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 — sižeu, 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.

LEKTOR

Dobrila Miletić, prof.

KORICE

Milojko Milinković

KOREKTOR

Bojana Uzelac

