

MINISTARSTVO ODBRANE REPUBLIKE SRBIJE

DIREKCIJA ZA IZDAVAČKU I BIBLIOTEČKO-
INFORMACIONU DELATNOST

Direktor

Pukovnik
MILAN CRNOGLAVAC

VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

Načelnik

Potpukovnik
mr ALEKSANDAR BUKVIĆ, dipl. inž.

Glavni urednik redakcije vojnih časopisa

Potpukovnik
DRAGAN HAJDUKOVIĆ

UREDIVAČKI ODBOR

Pukovnik
dr DANKO JOVANOVIĆ, dipl. inž.
(predsednik Odbora)

Profesor
dr BRANKO KOVAČEVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr SLOBODAN JARAMAZ, dipl. inž.

Profesor
dr LAZAR PETROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
profesor dr VASILJE MIŠKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILJKO ERIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika Odbora)

Pukovnik
profesor dr LJUBIŠA TANČIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
LJUBOMIR SAMARDŽIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr BRANISLAV JAKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr JUGOSLAV RADULOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr ZORAN FILIPOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr DRAGOSLAV UGARAK, dipl. inž.

Pukovnik
VOJISLAV MILINKOVIĆ, dipl. inž.

Potpukovnik
mr NEBOJŠA GAČEŠA, dipl. inž.
(sekretar Odbora)

* * *

Odgovorni urednik

Potpukovnik
mr Nebojša Gačeša, dipl. inž.
(tel. 3006-023, 23-493)

Sekretar redakcije
Zora Pavličević
(tel. 3201-497, vojni 23-497)

Adresa redakcije: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK – BEOGRAD, Balkanska 53
www.mod.gov.yu/04publikacije/04-glasnik.htm

Pretplata tel.-fax: 3612-506, tekući račun:
840-19540845

Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna
štampanija – Beograd, Resavska 40b

ISSN: 0042-8469

UDC: 623 + 355/359

**STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
MINISTARSTVA ODBRANE
REPUBLIKE SRBIJE**

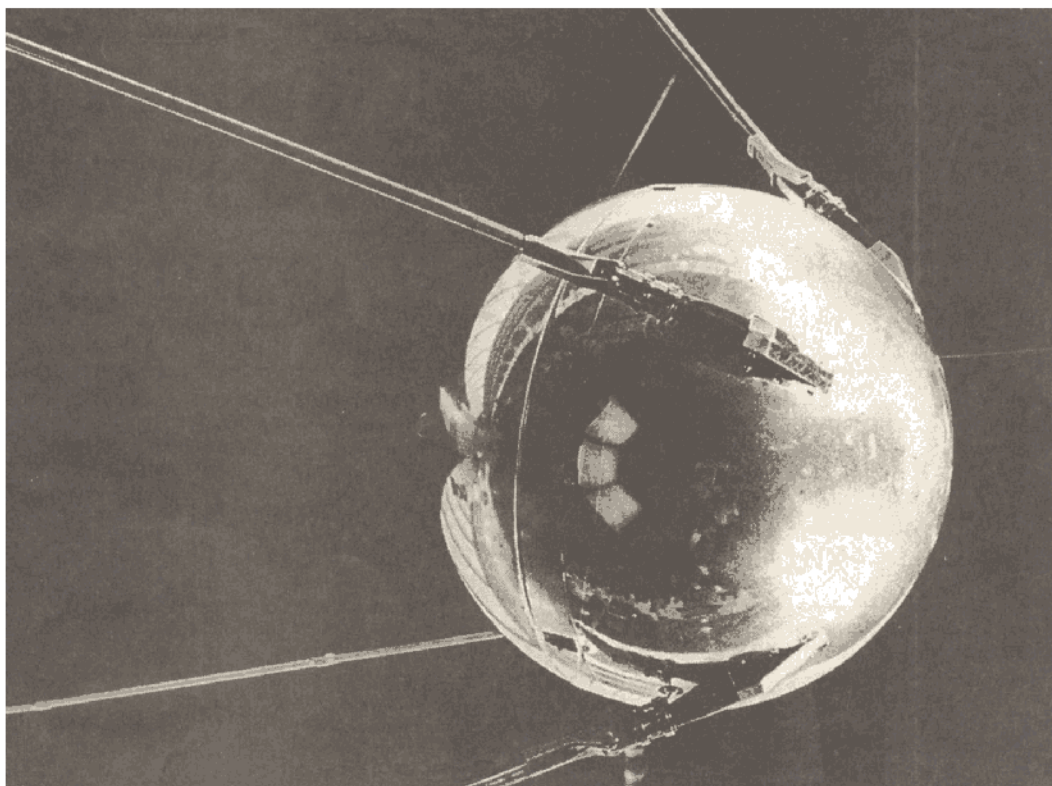
VOJNOTEHNIČKI
G L A S N I K

Vojnotehnički glasnik je,
povodom 50 godina rada,
odlikovan Ordenom VJ
trećeg stepena



1

GODINA LVI • JANUAR–MART 2008.



„Sputnik 1“

PET DECENIJA KOSMIČKE ERE

Potpuno je razumljivo čovekovo nastojanje da, koristeći se ogromnim naučnim i tehničko-tehnološkim ostvarenjima, što dublje prodre u tajne vasiona, jer su koristi od toga već danas višestruke, počev od napretka u fundamentalnim i primenjenim istraživanjima do praktičnih ostvarenja u mnogim industrijskim i privrednim granama, čiji je krajnji rezultat bolji i duži život ljudi na našoj planeti. Dok se Rusi i Amerikanci uveliko spremaju za osvajanje Marsa, Kinezi, Nemci i Japanci razrađuju programe za slanje svojih astronauta na Mesec.

Ljudi su od iskona usmeravali radoznale poglede ka beskrajnom prostranstvu vasiona, ne bi li odgonetnuli kakve su to svetle tačke na noćnom nebu ili šta se krije na Mesecu. Odgovora je, razume se, bilo mnogo. Većina se zasnivala na praznoverju ili religioznim osećanjima. Pre tri i po veka, što je zanemarljivo malo u poređenju sa istorijom ljudske civilizacije, Galileo Galilej je izložen ruglu i utamničen zbog svoje „jereitičke ideje“ prema kojoj se Zemlja okreće oko Sunca, a ne obratno. Na početku 20. veka pokušaji braće Rajt da polete poput ptica bili su ismevani, jer je, navodno, svima – osim tim zanesenjacima – bilo jasno da ništa teže od vazduha ne može da le-

ti. I ko je tada još mogao da pomisli da će proći tek nepunih sedam decenija do trenutka kada će stotine miliona ljudi, sedeći ispred svojih malih ekrana, netremice posmatrati spajanje dva vasijska broda ili šetnju kosmonauta po Meseću...

Međutim, iako su teorijska i praktična istraživanja, zatim izgradnja namenskih postrojenja i konstruisanje tehničkih sredstava (pre svega, raketnih projektila) usledili znatno ranije, ipak se za početak kosmičke ere i čovekovog osvajanja vasiona uzima 4. oktobar 1957. godine, kada su eksperti ondašnjeg Sovjetskog Saveza lansirali u orbitu naše planete prvi Zemljin veštački satelit „Sputnik 1“. Satelit je imao loptasti oblik, masa mu je bila 83,6 kg, a prečnik 58 cm. Kružio je oko Zemlje 93 dana. Pošto je oko nje obleteo 1.400 puta, ušao je u guste slojeve atmosfere i u njima sagoreo 4. januara 1958. godine. Bio je to, nesumnjivo, događaj od izuzetnog značaja za ceo svet, pre svega sa naučnog i tehničko-tehnološkog stanovišta. U to vreme, kada su se dve najveće vojne sile sveta – Sovjetski Savez i Sjedinjene Američke Države – u mnogo čemu, a ponajpre u snazi oružja, besomučno utrkivale, nikako nisu mogli da se prenebregnu politički, ali ni vojni aspekti tog velikog događaja. Znalo se da se neće dugo čekati na sličan poduhvat Amerikanaca, koji su već 31. januara 1958. godine u orbitu oko naše planete poslali svoj prvi veštački satelit – „Eksplorer 1“. Bio je to satelit u obliku izduženog cilindra, prečnika 15,24 cm i mase 13,86 kg.

Potpuno je, razumljivo što ni jedna od dve velike sile nije u osvajanju kosmosa htela da zaostane, tako da su vrlo brzo brojni naučnoistraživački timovi angažovani, najpre na izgradnji kosmodroma, a zatim oko konstruisanja sve snažnijih raketa za lansiranje veštačkih Zemljinih satelita i vasijskih brodova (bez ljudske posade i sa njom), da bi se, na kraju, došlo do orbitalnih stanica – preteča budućih kosmičkih naselja. U maju 1950. godine Amerikanci su počeli da grade opitni raketni centar u Kejp Kanaveralu, koji je vrlo brzo postao glavni američki kosmodrom. U Sovjetskom Savezu je odluka da se gradi kosmodrom u Bajkonuru doneta pet godina kasnije.

Niz istorijskih događaja

Čak i delimičan osvrt na mnoštvo poduhvata vezanih za čovekov prodor u kosmos pokazaće da su neki događaji u ostvarivanju kosmičkih programa, u ono vreme dve vodeće zemlje sveta, osim lansiranja prvog Zemljinog veštačkog satelita („Sputnika 1“) bili prelomne tačke u nizu veoma složenih tehničkih i tehnoloških procesa. Tu se, pre svega, misli na 12. april 1961. godine, kada je sa kosmodroma Bajkonur, brodom „Vostok 1“, u orbitu oko Zemlje lansiran prvi čovek – major Jurij Gagarin. Obletevi je jedanput uspešno se, posle 108 minuta leta, spustio nedaleko od Saratova. Taj podvig je pokazao da čovek može da podnese lansiranje i da se posle izvesnog boravka u bestežinskom stanju bezbedno vrati na Zemlju.

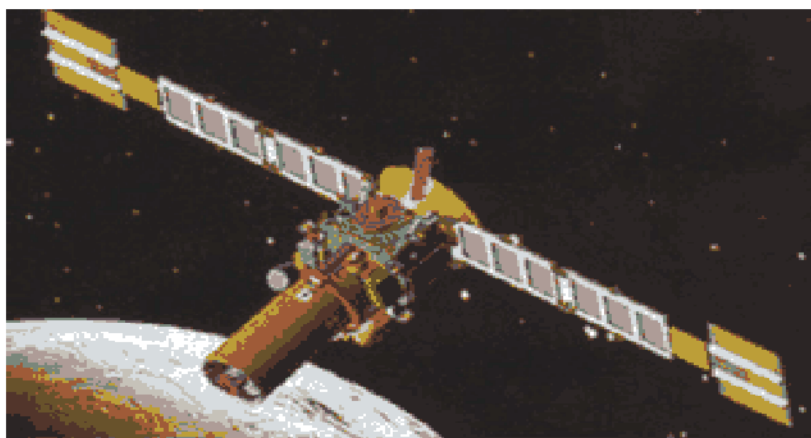
Treći istorijski događaj kosmičke epohe je, svakako, prva ekspedicija na Mesec. Američki kosmički brod „Apolo 11“, sa posadom koju su činila tri astronauta – Nil Armstrong, Majk Kolins i Edvin Oldrin – poleteo je sa Zemlje 16. jula 1969, a spustio se na Mesečevu površinu 20. jula. Dan kasnije, na Mesečevo tlo zakoračio je prvi

čovjek, Nil Armstrong, izgovorivši čuvenu rečenicu: „Ovo je mali korak za čoveka, a veliki za čovečanstvo“. Njemu se ubrzo pridružio i astronaut Edvin Oldrin. Pošto su proveli dva i po sata u šetnji po Mesecu, prikupljajući uzorke tla (radi analize na Zemlji), dva američka astronauta (istraživače vasiona Amerikanci nazivaju astronautima, dok su se Rusi opredelili za naziv kosmonauti) vratila su se u Mesečev modul (poseban brod napravljen isključivo za spuštanje na Mesec i poletanje sa njega) i krenuli put „Apola 11“, gde ih je sve vreme, kružeći oko Meseca, čekao Majkl Kolins. Prešli su u svoj kosmički brod, ostavivši Mesečev modul da kruži u Mesečevoj orbiti, aktivirali raketne motore „Apola 11“ i uputili se ka Zemlji na koju su se bezbedno spustili u popodnevним časovima, 24. jula 1969. godine.

Lansiranje i boravak astronauta na Mesecu pokazali su da se kosmički brod sa ljudskom posadom može bezbedno spustiti na Mesečevu površinu i sa nje se isto tako vratiti. To bi značilo da će Zemljin prirodni satelit, jednoga dana, poslužiti za dalje osvajanje vasiona.

Prva međuplanetarna stanica

Među značajne događaje kosmičkog puta dugog pet decenija spadaju lansiranje prvog biološkog veštačkog Zemljinog satelita „Sputnjik 2“, u kome se nalazio pas Lajka (3. novembar 1957), zatim suborbitalni let američkog astronauta Alana Šeparda (5. maj 1961) brodom „Merkjuri 3“, koji je pri lansiranju bio podvrgnut opterećenju sile Zemljine teže od 6 g, a pri povratku dvostruko većem (12 g). Tada su američki stručnjaci proverili funkcionisanje ručnog komandnog sistema za promenu položaja kosmičkog broda u vasioni.



*Američki satelit za osmatranje i izviđanje najnovije generacije
(lansiran 16. decembra 2006)*

Godinu dana kasnije Amerikanci su u vasijska prostranstva uputili prvu međuplanetarnu stanicu iz serije „Mariner“, koja je pored Venere prošla na udaljenosti od samo 35 kilometara i na našu planetu poslala i podatak prema kojem se debeli sloj oblačnog pokrivača Venere nalazi na visini od 70 do 95 km, da je temperatura na donjoj granici oblaka plus 93, u srednjem delu plus 35, a na gornjoj granici minus 53°C.

Posle toga usledio je let prve žene u kosmos. Valentina Terješškova je, u brodu „Vastok 6“, lansirana sa Zemlje 16. juna 1963. godine. Tada je prvi put omogućeno upoređivanje uticaja kosmosa na organizam žene i muškarca, pri čemu su naučnici ustanovili da nikakvih razlika nema.

Program kojim je bilo obuhvaćeno lansiranje šest kosmičkih brodova sa ljudskom posadom serije „Vastok“ završen je upravo slanjem prve žene u vasionu, a pokazao je, sem ostalog, da je ljudsko biće, bez obzira na pol, sposobno da uz određene pripreme podnese sve napore vezane za izvođenje vasijskog broda na putanju oko Zemlje, zatim za let oko nje i povratak na nju, da dugotrajan boravak u kosmosu ne šteti ljudskom organizmu i da čovek u bestežinskom stanju može da obavlja raznovrsne poslove, čime su postavljeni temelji nove kosmičke tehnologije, koja će kasnije poslužiti za složenije vasijske poduhvate.

Jedan od njih svakako je bio izlazak kosmonauta Alekseja Leonova iz kabine kosmičkog broda „Vashod 2“ u otvoreni vasijski prostor (18. marta 1965) u kojem je proveo nešto više od 12 minuta. Bio je vezan specijalnim užetom (nazvanim „kosmička pupčana vrpca“) dugim nešto više od 5 metara. Cilj tog eksperimenta bio je da pokaže kako će kosmonaut, opremljen posebnim skafandrom i alatima, moći da obavlja manje složene popravke na brodovima, a stečena su i prva iskustva u tehnici napuštanja kosmičkog broda, kretanja čoveka u slobodnom vasijskom prostoru i načinu povratka u kabinu broda – korišćenjem prelazne komore.

Uskoro su usledili novi letovi i složeniji kosmički programi, pri čemu treba skrenuti pažnju na to da se ni Rusi nisu odrekli detaljnijeg ispitivanja Meseca, ali su se, za razliku od Amerikanaca, opredelili da na njega, umesto ljude, šalju samohodne laboratorije, koje će na površinu nama najbližeg nebeskog tela biti dopremane pomoću automatskih stanica tipa „Luna“.

Spajanje dva kosmička broda

Dalji razvoj astronautike i ostvarivanje složenijih poduhvata na putanjama iznad naše planete nisu bili mogući bez stvaranja izvesnih kosmičkih uporišta, odnosno neke vrste veštačkih „vasijskih ostrva“, koja će svojim izuzetno povoljnim položajem u odnosu na Zemlju i njen atmosferski omotač umnogome olakšati ostvarivanje novih i sve složenijih kosmičkih programa. To su istraživačima vasijske mogle da omoguće samo orbitalne stanice.

Prva eksperimentalna stanica te vrste nastala je iznad Zemlje spajanjem dva kosmička broda „Sojuz 4“ i „Sojuz 5“ (16. januara 1969). Posle spajanja, kosmonauti Aleksej Jelisejev i Jevgenij Kubasov su iz komandne kabine „Sojuza 5“ prešli u njegov

orbitalni odsek, navukli skafandre, izašli u vasionu, da bi se nešto kasnije domogli orbitalnog odseka „Sojuza 4“. Skinuli su zatim skafandre i ušli u komandnu kabinu „Sojuza 4“, gde ih je čekao Vladimir Šatalov, koji je dan pre njih lansiran sa Zemlje.

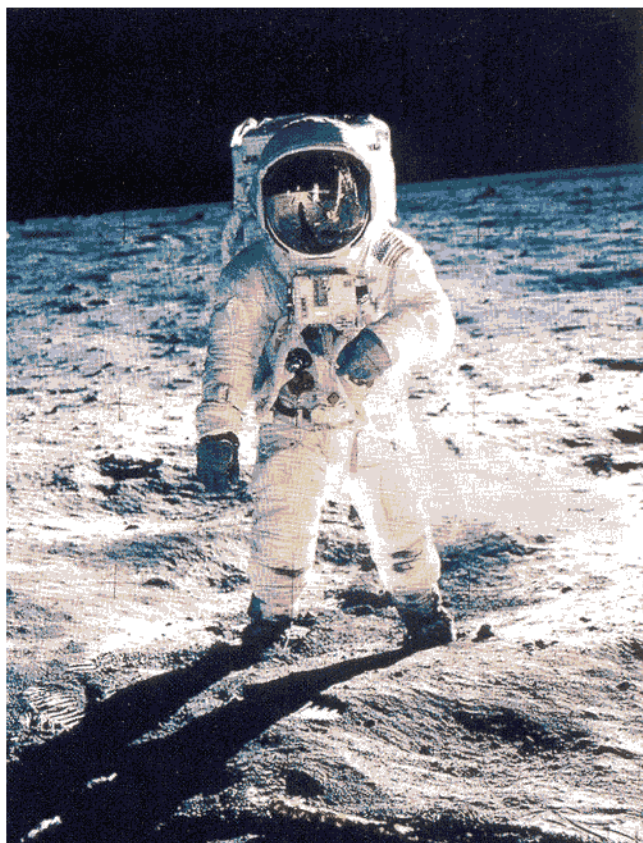
Prva eksperimentalna vasijska stanica putovala je oko naše planete 4 časa i 30 minuta. Za to vreme kosmonauti su obavili niz eksperimenata i proverili kakve su mogućnosti manevrisanja tim vasijskim objektom. Posle uspešnog odvajanja, „Sojuz 4“ se spustio na Zemlju, dok se „Sojuz 5“ prizemljio dan kasnije. Bilo je to, po svemu sudeći, sasvim dovoljno da Rusi ubrzo krenu ka izgradnji složenijih orbitalnih stanica tipa „Saljut“, kojima je moglo da se pilotira, da bi nakon lansiranja orbitalne stanice „Mir“ (20. februara 1986) započelo novo poglavlje u istraživanju vasijskog prostora. U međuvremenu se i u Americi uspešno ostvarivao program izgradnje orbitalnih vasijskih stanica („Skajlab“, „Fridom“ i „Alfa“), a sredinom devedesetih godina prošloga veka, kada se došlo do zaključka da su troškovi istraživanja kosmosa veoma veliki i da ih valja deliti sa drugima, Rusi i Amerikanci su se dogovorili o zajedničkom programu vezanom za let kosmičkih brodova sa ljudskom posadom, pod nazivom „Šatl-Mir“. Jedan od prvih rezultata tog dogovora bila je međunarodna orbitalna stanica „Alfa“, nastala kombinovanjem elemenata američke stanice „Fridom“ i ruske „Mir“.

Programi ostalih zemalja

Na osnovu najnovijih izjava ruskih i američkih eksperata moguće je zaključiti da će njihove države u doglednoj budućnosti povesti trku za osvajanje Marsa. Ali, ni ostale zemlje, pre svih Kina, Nemačka, Indija i Japan neće sedeti skrštenih ruku, već će nastojati da u pogledu ostvarivanja vlastitih kosmičkih programa slede puteve Rusije i Amerike. Kina je, na primer, prošle jeseni (24. oktobra 2007) lansirala svoj prvi satelit ka Mesecu, Japanci su prvu sondu ka Mesecu uputili mesec dana ranije, dok Nemci uveliko pripremaju prvu samostalnu kosmičku ekspediciju i let na Mesec, ali bez ljudske posade, koja bi trebalo da se ostvari 2012. godine.

Stručnjaci koji prate razvoj kineskog kosmičkog programa smatraju da je NR Kina prilično brzo napredovala, tako da se pretpostavlja da će prvi kineski astronaut na Mesec kročiti za oko 15 godina. To je najavio vodeći kineski naučnik Huang Čun-ping, obrazlažući nedavno neke pojedinosti vladine Komisije za nauku, tehnologiju i odbrambenu industriju, koje govore o dosadašnjim i budućim vasijskim istraživanjima kineskih eksperata. U istraživački program nazvan „Čange“ uključeno je oko deset hiljada ljudi iz vojnog i civilnog sektora, prevashodno naučnika, inženjera i tehničara, čiji je zadatak da ga ostvare u tri faze. Prvu fazu čini samo lansiranje veštačkog satelita u Mesečevu orbitu. Kružeći po njoj, satelit bi obezbedio precizne snimke Meseca u tri dimenzije i podatke o mikrotalasima, kao i o debljini Mesečeve kore. U drugoj fazi, koja bi počela 2012. godine, motorizovani roboti bi sakupljali uzorke sa Mesečevog tla, a u trećoj fazi, posle 2017. godine, satelit bi se vratio na Zemlju sa

uzorcima tla. Istovremeno bi se pojačale pripreme za slanje prvog kineskog astronauta na Mesec. U toj fazi bi se, prema proceni stručnjaka, kineski kosmički program znatno približio kosmičkim programima Rusije i Amerike.



Čovek na Mesecu

Kina je u poređenju sa nekim drugim zemljama znatno napredovala u pogledu razvoja vlastitog kosmičkog programa, jer je u dva navrata (2003. i 2005. godine) u orbitu oko naše planete poslala kosmičke brodove sa ljudskom posadom, dok je svoj prvi veštački satelit u Zemljinu orbitu lansirala prilično davno – sredinom sedamdesetih godina. Dosad je ta velika azijska zemlja na put oko Zemlje uputila više od pedeset veštačkih satelita, dok su kineske rakete („Dugi marš“) dugo u svetu u komercijalnoj upotrebi i služe za lansiranje satelita za telekomunikacije i meteorološka istraživanja. To, drugačije rečeno, znači da Kina nastoji da prati razvoj svetske kosmičke tehnologije, jer njeni naučnici smatraju da će „primena kosmičke tehnologije u 21. veku biti za čoveka značajna kao što su to, recimo, bili elektricitet i nafta u 19. stoleću“. Zato Kina u ostvarivanju kosmičkih projekata sarađuje sa mnogim zemljama, pre svega sa Rusijom sa kojom priprema slanje zajedničkog satelita na Mars 2009. godine (u ruskom kosmič-

kom brodu biće kineska oprema), dok njen udeo u ostvarivanju projekta Evropske agencije za vasijska istraživanja (ESA), označenom kao „Galilej“, takođe, nije mali. Kina je, sem toga, već sklopila ugovore o saradnji u kosmičkoj industriji sa više od 40 zemalja sveta. U proleće prošle godine predstavila je dve vrste prototipova robota – lunohoda na atomski pogon, od kojih će jedan biti upućen na Mesec 2012. godine. Masa lunohoda je oko 400 kg, može da se kreće površinom Meseca brzinom od 100 km/h, da istovremeno savlađuje različite prepreke i da uzima uzorke tla.

Kinezi žure ka Mesecu i zbog toga što, prema mišljenju njihovih naučnika, Mesec u svojoj utrobi krije ogromne količine uranijuma, fosfora, kalijuma i izotopa „helijuma 3“ – fuzionog goriva, veoma dragocenog za proizvodnju električne energije. Ruski eksperti, na primer, tvrde da na Mesecu ima najmanje milion tona „helijuma 3“, što u potpunosti može da zadovolji potrebe stanovnika na našoj planeti za najmanje hiljadu godina.

Kada je reč o kosmičkim istraživanjima na velike poduhvate sprema se i Nemačka. Naime, Nemci uveliko rade na ostvarivanju programa čiji je osnovni cilj da se na Mesec uputi istraživačka sonda koja bi trebalo da bude lansirana za 5–6 godina. Ta sonda će pomoću ultramoderne kamere snimiti nepoznate delove ovog Zemljinog satelita, jer su do sada istraživači istražili samo 18 procenata njegove površine.

Nemačka specijalna sonda će, osim kamerom, biti opremljena posebnim radarom i uređajem za studijsko istraživanje sastava Mesečeve kore, kao i uticaja meteorita na nju. Istraživači iz Nemačke odavno su angažovani oko projekata Evropske agencije za vasijska istraživanja, pa se pretpostavlja da će u program označen kao „Skok na Mesec“ uključiti i naučnike iz Italije, koja, takođe, planira slanje sonde na Mesec.

Ambicije istraživača iz Japana vrlo su velike, na šta, sem ostalog, ukazuje i lansiranje prve Mesečeve sonde, obavljeno 14. septembra 2007. godine. Stručnjaci smatraju da je to najveća misija istraživanja Zemljinog prirodnog satelita još od boravka američkih astronauta na Mesecu. Masa sonde „Kaguj“ iznosi oko tri tone. Istraživaće površinu Meseca, gravitaciju i druge elemente na osnovu kojih bi trebalo da se donesu zaključci o postanku Meseca i njegovoj evoluciji. Japanska agencija za istraživanje svemira (JAXA) nedavno je saopštila da veruje da će do 2025. godine poslati svoje astronaute na Mesec.

Vasijski transportni sistemi

Nijedan kosmički program, međutim, nije bilo moguće ostvariti, a da pre toga nisu konstruisana sredstva koja će, najpre Zemljine veštačke satelite, a zatim i kosmičke brodove, lansirati u vasijski prostor. Reč je, dakako, o raketama i čitavim kosmičkim transportnim sistemima kao što su „Spejs-šatl“ (Amerika) i „Energija-buran“ (Rusija). Pri tome se pošlo od zahteva da se napravi takav kosmički transportni sistem koji će se koristiti višekratno, a ne samo jednom, kao što je, recimo, bilo pri lansiranju satelita pomoću višestepenih raketa, jer one nisu bile ništa drugo do veoma skup potrošni materijal. Slično je bilo i sa kosmičkim brodovima, od kojih su se, posle leta, na Zemlju vraćale samo njihove kabine sa posadom.

Komplet „Spejs-šatl“ čine orbiter (raketoplan), odnosno letelica koja ulazi u putanju oko Zemlje, zatim spoljni rezervoar sa gorivom i dve pomoćne buster rakete, sa čvrstim gorivom. Glavni deo tog kompleta je, svakako, orbiter ili raketoplan. Osim što mu je namenjena uloga kosmičkog transportera, raketoplan (orbiter) je, sam za sebe, kosmička letelica opremljena tako da na putanjama oko naše planete ostane od 7 do 30 dana.

Prvi „Spejs-šatl“ nazvan „Kolumbija“ lansiran je 12. aprila 1981. godine. U narednim godinama bilo je više od 100 lansiranja kosmičkih brodova, od čega su se dva tragično završila. Naime, 26. januara 1986. godine, „Spejs-šatl“ „Čelindžer“ eksplodirao je samo 73 sekunde nakon lansiranja. Svih sedam članova posade, među kojima i jedna žena, tom prilikom su poginuli. „Spejs-šatl“ „Kolumbija“ je 1. februara 2003. godine eksplodirao iznad Teksasa prilikom sletanja u povratku sa 16-dnevne ekspedicije. Poginulo je svih sedam članova posade. To su najveće katastrofe u dosadašnjim istraživanjima kosmosa. I jedan ruski kosmonaut je svoju odvažnost platio životom – Vladimir Komarov, koji zbog kvara kosmičkog broda nije mogao uspešno da se prizemlji, nego je brzinom od 50 metara u sekundi udario u tlo.

Suštinska razlika između američkog kosmičkog transportnog sistema „Spejs-šatl“ i ruskog „Energija-buran“ jeste u tome što američki sam za sebe čini taj sistem, dok je „buran“ (raketoplan) samo jedna od mogućih vrsta tereta koji raketa nosač („energija“) može da ponese u vasionu. Dakle, „buran“ u kosmos može da stigne samo uz pomoć ogromne rakete kakva je „energija“. Koristan teret koji američki „Spejs-šatl“ može da ponese u kosmos ograničen je na 30 tona, kolika je i nosivost ruskog „burana“. Međutim, raketa „energija“ može u kosmos da ponese raznovrsne terete, recimo, delove za orbitalnu stanicu, dugačke više od 30, a široke 8 metara, čija je ukupna masa čak 105 tona.

Evropska vasijska agencija (ESA) za svoj kosmički transportni sistem odabrala je koncepciju sličnu ruskoj, razvojem raketoplana „hermes“, i kosmičkog transportnog sistema „arijana 5“.

Čovek je, u nemogućnosti da prodre u mnoge tajne vasijskog prostora, svoje snove i maštanja najčešće pretakao u mitove, bajke i naučnofantastične zapise, među kojima je starogrčki mit o Ikaru i njegovom letu ka Suncu, verovatno, najrasprostranjeniji.

Danas je potpuno razumljivo čovekovo nastojanje da, koristeći se ogromnim naučnim i tehničko-tehnološkim ostvarenjima, što dublje prodre u vasionu, jer su koristi od toga višestruke, počevši od napretka u fundamentalnim i primenjenim istraživanjima do praktičnih ostvarenja u mnogim industrijskim i privrednim granama, čiji je krajnji rezultat bolji i duži život ljudi na našoj planeti. Zato je, nema sumnje, dobro što se, kada je reč o vojnoj primeni rezultata kosmičkih istraživanja, konačno shvatilo da se ni tzv. ratom zvezda ne bi ništa postiglo, osim što bi se uludo potrošila ogromna novčana sredstva, a čovečanstvo osiromašilo.

Priredio

Vladimir Ristić

Dr Marko Andrejić,
pukovnik, dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd
dr Srđan Novaković,
pukovnik, dipl. inž.
Uprava za opštu logistiku SMR MO,
Beograd
dr Aleksandar Majstorović,
kapetan prve klase
Vojna akademija,
Beograd

PLANIRANJE U VOJNIM ORGANIZACIONIM SISTEMIMA

UDC: 65.012.2 : 355.1

Rezime:

U radu se razmatra planiranje kao inicijalna upravljačka funkcija u vojnim organizacionim sistemima i planiranje kao proces. Obrađena je suština planiranja, ciljevi koje treba dostići, rezultati koje treba ostvariti i zadaci koje treba realizovati putem planiranja. Identifikovani su planovi u vojnim organizacionim sistemima i model izrade planova. Sagledani su subjekti planiranja i njihove obaveze i faktori koji utiču na planiranje. Sistematizovani su nedostaci planiranja u vojnim organizacionim sistemima, obrađeni principi planiranja, kao i planiranje konkretnog zadatka i ukazano na softver za podršku pojedinih faza.

Ključne reči: planiranje, funkcija planiranja, proces planiranja, principi planiranja, vrste planova, obeležja planova, upravljanje putem planiranja, podrška planiranju.

PLANNING IN MILITARY ORGANIZED SYSTEMS

Summary:

The paper deals with planning as an initial managing function in military organized systems as well as with planning as a process. The very essence of planning has been considered along with targeted goals, tasks to be fulfilled through planning and attainable results. Plans in military organized systems and a plan formulation model being identified, planning subjects and their duties have been discussed as well as planning-influencing factors. The paper also gives a systematic presentation of drawbacks of planning in military organized systems, principles of planning, planning of particular tasks and a software for logistic support of particular planning phases.

Key words: planning, function of planning, process of planning, principles of planning, types of planning, characteristics of planning, management by planning, planning logistics.

Uvod

Planiranje u vojnim organizacionim sistemima vrlo je značajno za uspešnost poslovanja funkcionisanja i razvoja sistema, a njegove slabosti se brzo uočavaju i dugoročno utiču na sistem. Planiranje je inicijalna i vrlo bitna upravljačka funkcija u vojnim organizacionim sistemima. Vršiti se zbog neodređenosti, neizvesnosti i promena koje postoje u organizacionim sistemima i okruženju.

Kvalitetnim planiranjem izbegava se da sistem dođe u neželjeno stanje, a ako, ipak, dođe da posledice budu što manje i da se što pre saniraju. Planiranjem se bave pojedinci i organizovane grupe, a najbolje je ako se obavlja timski. Poznavanje teorijskih osnova planiranja potrebno je svim subjektima upravljanja, rukovođenja i komandovanja (upravicima, načelnicima, komandantima, komandirima...). Planiranje mora biti zastupljeno u svim fazama životnog ciklusa vojnih organizacionih si-

stema (mir, krizne situacije, vanredno stanje, neposredna ratna opasnost, mobilizacija, ratno stanje).

Da bi se kvalitetno planiralo neophodno je poznavati teoriju planiranja, savremene metode, tehnike, softver i opremu za podršku planiranju, posao koji se planira, odnosno podsisteme i procese složenog sistema, relevantne faktore i elemente situacije (u sistemu i okruženju) i njihove moguće konstelacije u predviđenoj budućnosti. Za dobro planiranje potreban je odgovarajući broj, vrsta i kvalitet podataka. Saznanja iz prakse pokazuju da se teorijske osnove planiranja moraju izučavati u većoj meri i više poznavati i da se planiranje ne sme posmatrati kao parcijalna rutinska delatnost u trenutku nužnosti, već kao stalan proces kreativnog rešavanja problema.

U našoj novijoj teoriji i praksi planiranje nije dovoljno istraživano, a ni definisano, ni sa organizacionog ni sa tehnološkog aspekta. Samim tim, i mogućnosti za unapređenje planiranja nedovoljno su razmatrane u našoj teoriji i praksi. Određeni indikatori trenutnog stanja, koji su u velikoj meri posledica neadekvatnog planiranja, zatim potreba prakse, zahtevi vremena i savremeni upravljački trendovi, ukazali su na potrebu da se ovaj važan segment vojnih organizacionih sistema više rasvetli i unapredi, u organizacionoj i tehnološkoj sferi.

Aspekti i faze planiranja su zajednički (isti) pri planiranju bilo kog složenog posla u vojnim organizacionim sistemima, dok su sadržaji planiranja, obim, forma i sadržaj planskih instrumenata uslovljeni misijom i namenom konkretnog organizacionog sistema i vrstom posla kojim se bavi.

Planiranje se ne može istraživati i u praksi sprovoditi ako se ne poznaju njegova bitna obeležja kao funkcije u organizacionim sistemima i bitna obeležja planiranja kao procesa.¹ Kvalitetne pripreme za planiranje vrlo su važan preduslov za njegovu uspešnu realizaciju, što zahteva da i planiranje bude planirano.

Pri razmatranju planiranja u vojnim organizacionim sistemima primenjivaće se izvesna analogija sa klasičnim pristupom planiranju u ostalim organizacionim sistemima, ali će se koristiti i pristup primereniji postojećem tehničko-tehnološkom razvoju, zasnovan na određenim dostignućima projekt-menadžmenta i organizacionih nauka.

Izbor adekvatnih ciljeva koje treba dostići, donošenje optimalnih odluka o rezultatima koje treba ostvariti i zadacima koje treba realizovati uz optimalno angažovanje resursa, te adekvatno prezentovanje ciljeva i odluka zainteresovanim subjektima sve više će se, pod uticajem javnosti, tražiti od menadžmenta, stručnih službi i planskih organa u vojnim organizacionim sistemima.

U ovom radu će se određeni aspekti i segmenti planiranja obrađivati sa visokim stepenom uopštavanja, oslanjajući se na iskustva autora, istraživanja u kojima su učestvovali i na dostupne izvore znanja. Navedeni pristup omogućava veću generalnost izrečenih stavova, a sa druge strane može dobiti i na snazi (dubini i preciznosti) ukoliko se valjano operacionalizuje na svaki konkretan slučaj.

¹ Uočava se da se savremeni vojni rukovodioci u svom radu uglavnom orijentišu na organizacionu strukturu i na ljude, a da u manjoj meri poznaju tehnologiju procesa koji se odvijaju u organizacionim sistemima. Potrebe prakse, zahtevi vremena i savremeni trendovi u menadžmentu zahtevaju određene zahvate u sferi edukacije rukovodioca u smislu boljeg ovladavanja organizaciono-tehnološkim procesima.

Cilj ovog rada jeste da se, u sintetizovanoj formi, ukaže na nedostatke postojećeg planiranja, iznesu određene teorijske osnove planiranja značajne za vojne organizacione sisteme, radi davanja doprinosa unapređenju planiranja u operativnoj praksi i animiranja planera iz prakse da svoja iskustva iznose sudu šire javnosti, kako bi se obogaćivala praksa planiranja, sakupljena građa verifikovala u naučnoj proceduri i ponovo sistemski uvodila u operativnu praksu.

Nedostaci planiranja u vojnim organizacionim sistemima

Postojeća teorijska razrađenost planiranja u našoj vojnoj teoriji ne predstavlja u dovoljnoj meri solidnu polaznu osnovu za njegovo efikasnije sprovođenje u praksi. Kritičkim i analitičko-sintetičkim sagledavanjem postojeće teorije i prakse planiranja u vojnim organizacionim sistemima moguće je identifikovati čitav niz propusta (u manjoj ili većoj meri) u planiranju.

Postojeći način planiranja nije potpuno zasnovan na naučnoj osnovi, uz primenu naučnih principa planiranja, naučnih metoda, tehnika, softvera i informatičke opreme. Sistemski pristup u planiranju nedovoljno se primenjuje, a ne usklađuju se ni aktivnosti različitih subjekata odgovornih za planiranje, pripremu, sprovođenje i analizu procesa. Zbog odsustva dugoročnog koncepta sa ugrađenim organizacionim aspektom i kreativnosti u planiranju, ono je postalo parcijalna delatnost koja se često obavlja površno i rutinski u trenutku nužnosti.

Objekti planiranja ne sagledavaju se dinamički kroz ceo životni ciklus. Pri izradi planova insistira se na „nemogućim rešenjima“ (insistiranje na uvažavanju kriterijuma bez respektovanja ograničenja organizacione i tehnološke prirode). Pravo na odlučivanje se tokom planiranja često poistovećuje sa tehnologijom odlučivanja, što ima za posledicu isključivanje stručnih organa iz procesa donošenja odluka. Najodgovorniji ljudi u sistemu nedovoljno se uključuju u proces planiranja, jer pojedinci smatraju da je planiranje posao operativnih i planskih organa, što ima za posledicu odsustvo pravih informacija pri donošenju odluka, nestalnost u radu upravnih i izvršnih struktura (narušavanje standardnih postupaka u radu) i pojavu velikog broja „vanrednih zadataka“.²

Postojeći način planiranja u vojnim organizacionim sistemima ne omogućava optimalno korišćenje svih raspoloživih umnih i drugih potencijala u sistemu. Neadekvatna primena i nedovoljno poznavanje timskog rada, načela, logike i metoda planiranja, uslovljava sektorski pristup planiranju. Planiranje brojnih procesa nije metodološki razrađeno na jedinstven način (kao koherentna celina), pa u praksi ima različitosti u pristupu ovoj problematici, što je, sa aspekta jedinstvenog sistema komandovanja, neopravdano i štetno. U planskim rešenjima se, često, ne ističe stepen značajnosti elemenata rešenja (aktivnosti, zadataka i sl.), težišta i prioriteta.

² Rukovodioci nerado planiraju, naročito dugoročno, jer su svesni obima i vrste nepoznanica sa kojima se susreću. S druge strane, iskustvo ih uči da se i najsavetnije izrađeni planovi retko ostvaruju.

Sve faze, aspekti i dimenzije složenih pojava i procesa se ne uočavaju i ne uvažavaju u dovoljnoj meri. Organizacioni planovi se nedovoljno (hijerarhijski i lateralno) uvezuju, jer se planska rešenja ne posmatraju sa upravljačkog aspekta. Organizacioni sistemi, pojave i procesi u njima ne posmatraju se sveobuhvatno i multidisciplinarno. Međusobni uticaj pojedinih faza životnog ciklusa ne uvažava se u dovoljnoj meri, naročito pri iznalaženju optimalnih rešenja. Kao kreativan proces, planiranje se često poistovećuje sa izradom planskih dokumenata, odnosno ispunjavanjem formalizovanih obrazaca.

Iskustva iz prethodnog perioda ukazuju na to da se uz elaborate koji su proizvod planiranja ne čuvaju analize koje se odnose na realizaciju planova.³ Planska rešenja se ne rade za najnepovoljniju varijantu izvršenja zadatka, a često se, bez kvantifikovanja merljivih faktora, izrađuju za samo jednu varijantu izvršenja.⁴ Nizak nivo interne standardizovanosti podataka, neefikasna razmena podataka na izvršnom nivou i relativno nisko iskorišćenje umnih potencijala i opreme u organizacionim sistemima opterećuje planere i sputava njihovu kreativnost.

Odsustvo permanentnog osvežavanja znanja potrebnih za planiranje, nedovoljna popunjenost uprava i komandi starešinskim kadrom i informatičkom opremom, ustaljeni načini rada na planiranju i rešavanju problema i intenzivni dnevni

operativni zahtevi usložavaju i otežavaju planiranje, tako da se praksa zadržava na dnevnom obezbeđenju funkcionisanja sistema, a ne i na stalnoj težnji ka povećanju progressa i efikasnosti.

Planovi organizacionih sistema na današnjem nivou razvitka planske metodologije još ne predstavljaju podlogu za nastanak (konstituciju) i funkcionisanje svih postojećih organizacionih sistema. U njihovoj izradi najdalje se otišlo u ekonomskoj oblasti, ali oni sve više prodiru i u druge društvene aktivnosti [1].

Zbog izvesne ograničenosti planiranja u vojnim organizacionim sistemima, pri realizaciji određenih aktivnosti plana može nastupiti određeni nesklad između činilaca organizacionih procesa, koji je bio uspostavljen da bi se ostvarili određeni rezultati.

Do narušavanja odnosa dolazi zbog sledećih razloga:

- planovima se ne može sve predvideti, a često se i plan ne uradi najbolje, pa se greške u toku realizacije manifestuju kao neusklađenost između osnovnih činilaca procesa,

- u toku realizacije procesa dolazi do novih momenata: od sitnih objektivnih teškoća manjih razmera, raznih unutrašnjih i spoljnih smetnji, pa do krupnih pojava „više sile“,

- planovi se ne izvršavaju ravnomerno, a to narušava ritam procesa, vertikalnu usklađenost i dovodi do pojave disproporcija.⁵

Upravljački i planski organi treba da budu svesni navedenih činjenica i da na-

³ Navedene analize mogle bi korisno da posluže za unapređenje procesa planiranja i spreče da se jednom učinjene greške ponavljaju.

⁴ Time se svesno izbegava ulaženje u suštinu problema i stvara osećaj privida u vlastitom polju odgovornosti. Većina rešenja do kojih se dolazi planiranjem su višekriterijumske prirode i zahtevaju, pri traženju optimuma, uzimanje u obzir ograničenja i težine svakog kriterijuma ponaosob.

⁵ Disproporcije smanjuju efikasnost, pa su zbog toga potrebne brze taktičke, rutinske odluke rukovodioca na licu mesta, u skladu sa ranije definisanim ovlašćenjima.

stoje da kroz adekvatna rešenja utiču na smanjenje ovih nepoželjnih, ali realno mogućih pojava.

Funkcija planiranja u vojnim organizacionim sistemima

Planiranje u vojnim organizacionim sistemima jedna je od najvažnijih funkcija upravljačkog procesa. Funkcija planiranja obuhvata aktivnosti usmerene na:

- donošenje odluka o ciljevima koji se žele postići, rezultatima koje treba ostvariti i zadacima koji se moraju izvršiti,
- utvrđivanje politike za ostvarenje željenih ciljeva,
- izbor strategije za ostvarenje ciljeva,
- izradu planova, kao upravljačkih instrumenata, za realizaciju ciljeva.

Sadržaj funkcije planiranja u organizacionim sistemima svodi se na aktivnosti menadžmenta i planskih organa. Za realizaciju obe vrste aktivnosti odgovoran je menadžment organizacije.

Osnovu za planiranje u vojnim organizacionim sistemima predstavljaju:

- formulisani ciljevi organizacije za predstojeći period i kriterijumi za ciljna rešenja,
- jasno definisanje pokazatelja uspešnosti sistema u procesu dostizanja ciljeva,
- informacije o ostvarenju zadataka (plana) u proteklom periodima i trenutnom stanju sistema u trenutku planiranja,
- informacije (tehnička, logistička, operativna i druga dokumentacija) o raspoloživim uslovima za predstojeće aktivnosti (ograničenja),
- razrađeni scenario budućnosti u kojoj će se sistem naći tokom dostizanja cilja.

Planiranje u vojnim organizacionim sistemima usmereno je na predviđanje [1]: budućeg stanja sistema na kraju definisanog planskog perioda; budućeg ponašanja; uslova koji su potrebni da bi se ostvarila planirana stanja ili ponašanja sistema (materijal, radna snaga, informacije, energija, finansijska sredstva), i redosleda i vremena tokova aktivnosti.

Planiranje kao delatnost sa primenjenim metodama, tehnikama i softverom mora biti: celovito, kontinuirano i metodološki ujednačeno.

Funkcija planiranja u vojnim organizacionim sistemima zasniva se na kriterijumima koje uslovljava okruženje (u periodu u kojem se planira) sa svim svojim zakonitostima i manifestacijama, kao i ograničenjima koja proističu iz samog sistema (kadrovska, materijalna, finansijska, prostorna, vremenska, informaciona, ograničenja energetske prirode i dr.). Zbog navedenih razloga planiranje se zasniva na informacijama koje se dobijaju od organa koji se bave pojedinim funkcijama, odnosno aspektima sistema.

Sadržaj funkcije planiranja u vojnim organizacionim sistemima podrazumeva aktivnosti upravljačkih i planskih organa, te aktivnosti stručnih službi.

Poslovi upravljačkih organa (menadžmenta) obuhvataju sledeće aktivnosti, vezane za planiranje: utvrđivanje misije, vizije, ciljeva, težišta, prioriteta i standarda; izbor politike za ostvarenje ciljeva; izbor strategije za ostvarenje ciljeva; definisanje zadataka nosilaca pojedinih funkcija izvršenja; definisanje planskih kriterijuma i ograničenja; definisanje bezbednosne zaštite procesa planiranja i planova; praćenje realizacije plani-

ranih ciljeva radi uspostavljanja ravnoteže između planiranih rezultata i promjenjenih uslova za ostvarenje plana i analiza realizacije planova.

Planski organi odgovorni su da odluke o ciljevima, merama i akcijama za ostvarenje ciljeva stručno artikuliraju, oblikuju i iskazuju kroz odgovarajući dokument – plan, kao instrument funkcije planiranja. Primenom naučnih metoda, tehnika i savremene informatičke i druge opreme, te uvažavanjem principa poslovanja, planski organi izrađuju određena dokumenta (planske instrumente – planove), koji sadrže obrazloženja i kvantifikacije planiranih rezultata i uslova za njihovo ostvarivanje.

Stručne službe rade na analizi problema i na razvijanju više varijanti rešenja. Ostale organe u sistemu snabdevaju stručnim analizama, podacima, dokumentacijom, informacijama o činjenicama, pojavama i tendencijama koje su neophodne za donošenje načelnih odluka o poslovnoj politici sistema. Stručne službe nemaju ovlašćenja ni direktnu odgovornost za donošenje odluka. Njihova odgovornost je indirektna prirode, jer odgovaraju za ispravnost i stručnost dokumentacije koja služi kao osnova za donošenje odluka u procesu planiranja.

Tokom planiranja u vojnim organizacionim sistemima mora se voditi računa o sledećim faktorima:

- odbrambeno-bezbednosni: obim i struktura ukupnih odbrambenih i bezbednosnih resursa, odnosno potencijala, a posebno u nadležnosti (zoni angažovanja, odgovornosti ili interesa) razmatranog sistema, sa svim kvalitativnim i kvantitativnim karakteristikama koje utiču na aktivnosti sistema;

- vojno-sistemske (pravne norme i akta i druge norme i mere nadležnih organa koje deluju podsticajno ili ograničavajuće na planiranje i izvršavanje zadataka);

- materijalni i tehničko-tehnološki elementi izvršenja zadataka (opremljenost opremom i kvalitet opreme, karakteristike tehnološkog postupka, zadataka i uslova rada);

- kadrovski (količina, vrsta, kvalifikaciona struktura, stepen obučenosti kadra, pouzdanost kadra, itd.);

- organizacioni (mere koje upravljački organi preduzimaju radi postizanja visoke uspešnosti poslovanja putem obezbeđenja korišćenja objektivnih uslova za izvršenje zadataka, efektivno i efikasno);

- prostorni (specifičnost otvorenog i zatvorenog prostora na kojem se izvršavaju zadaci: kvalitet podloge, površina, nosivost, međusobne udaljenosti prostornih punktova, pokrivenost rastinjem, naseljenost, infrastruktura, itd.);

- vremenski (u svim modalitetima i pojavnim oblicima).

Uvažavanje navedenih faktora obezbeđuje realnost planiranja i omogućava da plan predstavlja obavezujući i motivišući materijalni dokument.

Planiranje kao proces rešavanja organizacionih problema karakterišu sledeći aspekti: organizacioni, metodološki, komunikacioni, međuljudski i funkcionalni (sadržajni). Potpuno ovladavanje navedenim aspektima, znatno doprinosi kvalitetu planiranja.

Putem procesa planiranja u vojnom organizacionom sistemu treba doći do željenih ciljeva; vrsta i obima aktivnosti koje treba realizovati na putu dostizanja

ciljeva; problema i opasnosti u pogledu dostizanja ciljeva (naše snage, protivnik, prostor, vreme, konkurenti i različiti modaliteti kombinacija navedenih faktora); organizacionih mera, postupaka i aktivnosti kojima se iskorišćavaju „šanse“ iz okruženja, a smanjuju potencijalne „pretnje“ i posledice ostvarenih pretnji po sistem, živu silu, prostor i materijalna sredstva; potrebnih resursa; kvalitetnih organizacionih rešenja (način i dinamika realizacije određenih aktivnosti); težišta u ukupnim naporima i prioriteta u dinamici (vremenu) realizacije aktivnosti; organizacionih rešenja koja obezbeđuju skladno korišćenje resursa u prostoru, vremenu i konkretnoj situaciji.

Pri planiranju složenih poslova u vojnim organizacionim sistemima uočavaju se tri grupe problema:

- problemi koji se mogu uspešno rešavati pomoću formalizovanih postupaka (algoritama);

- problemi koji se mogu na zadovoljavajući način rešavati korišćenjem savremenih tehnologija (softver, hardver, netver);

- problemi koji se mogu rešavati zahvaljujući ljudskom potencijalu, specifičnom znanju, emocijama, iskustvu, intuiciji i sposobnosti da se brzo identifikuju ključni činioci i pretraže moguće varijante u nestandardizovanim problemima.

Na planiranje u vojnim organizacionim sistemima utiču brojna organizaciona i tehnološka ograničenja. Organizaciona ograničenja predstavljaju pravne norme i pravni akti, uredbe, pravila, uputstva, planovi, naređenja i smernice koje se dobijaju od višeg sistema.⁶ Teh-

nološka ograničenja pri planiranju čini sama suština (priroda) procesa koje realizuje konkretni organizacioni sistem i koja zahteva da se aktivnosti odvijaju u određenom vremenu, po određenoj tehnologiji i uz utrošak određenih resursa.

Pri planiranju složenih poslova tretiraju se sledeći elementi: zadaci – aktivnosti (određivanje logičke međuzavisnosti aktivnosti i određivanje protoka izlaznih parametara prethodne aktivnosti u ulazne parametre narednih aktivnosti), resursi (važni za realizaciju zadatka), rokovi (početak, završetak, vremenska rezerva) i kvalitet izvršenja zadatka.

Planiranje se zasniva na podacima i informacijama koje se koriste u toku logičke analize i primene tehnika, metoda i modela planiranja. Podaci koji se koriste u procesu planiranja treba da imaju sledeća obeležja kvaliteta: reprezentativnost (važnost za primaoca), verodostojnost (pouzdanost), blagovremenost, potpunost, preciznost, razumljivost, adekvatna forma (oblik) prezentovanja i adekvatna otvorenost (transparentnost).

Rad na predviđanju i donošenju perspektivnih planova u praksi se odvija na različite načine, u zavisnosti od konkretnog organizacionog sistema, dok je postupak rada na donošenju osnovnih planova najčešće ustaljen i razrađen u izvestan broj faza koje se smenjuju po određenom logičnom redosledu [1]:

1. Pribavljanje informacija o stanjima, ponašanjima ili redosledu akcija u proteklom planskim periodima sistema.

2. Pribavljanje informacija o objektivnim pretpostavkama i subjektivnim faktorima koji će da deluju u planskom periodu za koji se obavlja planiranje.

⁶ Sve je deo celine i celina delova.

3. Proveravanje realnih uslova za ostvarenje rezultata i dostizanje zadatih ciljeva koji se definišu i postavljaju kao zadatak aktom planiranja.

4. Izrada projekta plana (razvijanje planova).

5. Organizaciono uvezivanje plana sa ostalim organizacionim planovima sa kojima postoji međuzavisnost i njihovo uravnoteženje.

6. Lansiranje (distribucija) planova.

7. Unošenje završnih korekcija i konačno donošenje planova.

8. Kontrola donošenja planova.

9. Praćenje i kontrola realizacije planova.

Podaci potrebni za planiranje prikupljaju se iz postojećih statističkih izvora (analiza), od državnih organa i organizacija, vojnih, tržišnih i ostalih procena i procesa. Prikupljeni podaci se selektuju po vrstama i značaju informacija, kako bi se eliminisao suviše veliki i nepotreban broj podataka. Nakon selekcije podataka obavlja se njihova analiza, naročito analiza pouzdanosti.

Razvijanje planova je, u stvari, njihovo oblikovanje i izrada za konkretan sistem. U izradi planova koriste se i interni podaci iz organizacionog sistema, kao što su: završne godišnje analize poslovanja (opremanja, upotrebe), analize borbene gotovosti, ugovoreni poslovi, prelazne obaveze, najavljene kupovine, itd. Lansiranje planova podrazumeva njihovo dostavljanje sa pomoćnim podacima i potrebnim objašnjenjima odgovarajućim organima na operacionalizaciju. U procesu realizacije planova neophodno je kontrolisati i njihovu realizaciju, i to po:

rokovima, troškovima, mestu, nosiocima, kvalitetu, itd. Odstupanje realizacije plana od njegove misaone konstrukcije mora biti predmet stalne analize.

Planiranje konkretne aktivnosti daje odgovore na sledeća pitanja: ko, šta, kako, kada, gde, s kim, čim i zašto treba učiniti, da bi izvršili zadatak u skladu sa zadatim zahtevima (kriterijumima) i uslovima (ograničenjima).⁷

Nezavisno od toga koje se metode i tehnike koriste, operativno planiranje konkretnog zadatka obuhvata određene aktivnosti u okviru definisane strukture, toka i alokacije resursa. To su:

- trajanje pojedinih aktivnosti,
- broj i kvalifikacija izvršilaca i njihovo nominovanje,
- količina i vrsta opreme, materijala, sitnog inventara i drugih resursa,
- tehnička pomagala, oprema i uređaji,
- vremensko korišćenje uređaja i opreme,
- finansijska sredstva i njihova distribucija,
- rokovi završetka.

Vrste i obeležja planova u vojnim organizacionim sistemima

Klasifikacija planova u vojnim organizacionim sistemima može se obavljati u odnosu na sledeće kriterijume:⁸

- period za koji se izrađuje (horizont planiranja): dugoročni, srednjoročni i kratkoročni;

⁷ Samo u izuzetnim slučajevima planovi sadrže odgovore i na pitanja „zašto“.

⁸ Važno je naglasiti da se ovi kriterijumi međusobno ne isključuju i da demarkaciona linija između njih ne mora uvek biti jasna.

– nivo organizacione celine koji vrši planiranje i dalekosežnost posledica usvojenih – donetih planova: stratezijski, operativni i taktički;

– vrsta sistema koji tretiraju: tehnički i organizacioni;

– faza životnog ciklusa sistema na koju se odnosi: mirnodopski planovi, planovi za krizne situacije, planovi za postupanje u vanrednom stanju, planovi za postupanje u stanju neposredne ratne opasnosti, ratni planovi;

– namenski ciljevi sistema: planovi odbrane i zaštite vitalnih bezbednosnih i odbrambenih interesa, planovi za očuvanje mira i razvijanje povoljnog bezbednosnog okruženja, planovi razvijanja i unapređenja partnerskih odnosa sa institucijama sistema kolektivne bezbednosti, susednim i drugim državama;

– objektni ciljevi sistema: planovi upotrebe, planovi razvoja, planovi rada;⁹

– sadržaj koji tretiraju: planovi ponašanja,¹⁰ planovi budućih stanja¹¹ i planovi uslova potrebnih za ostvarenje planiranih stanja i ponašanja sistema;

– objekat na koji se odnosi – obim i nivo sistema na koji se odnosi: plan Vojске u celini, planovi organizacionih celina,¹² pojedinačni – lični;

– elementi koji se planiraju: materijalna sredstva (plan materijala), radna snaga (plan radne snage), finansijska sredstva (plan troškova, plan investicija), informacione potrebe, energetske potrebe, prostor, vreme, proizvodi, radovi i usluge, mere i postupci;

– obim aktivnosti čiju realizaciju plan reguliše: osnovni i dopunski;

– karakteristike plana: kvalitativni, kvantitativni, itd.

Predviđanje budućeg stanja vojnog organizacionog sistema predstavlja se kroz osnovne planove, kao stanje rezultata rada (razvoja, upotrebe, obuke, proizvodnje, radova i usluga) sistema u određenom periodu, izraženo odnosom izlaza i ulaza u sistem.

Predviđanje budućeg ponašanja sistema predstavlja se operativnim planovima kroz preseke niza stanja sistema u vremenu, koja predstavljaju direktan izraz akata ponašanja. Ovi planovi su izraz željenog ponašanja organizacionog sistema u dinamici, a rade se za kraće periode (najčešće za mesec dana), jer zahtevaju viši stepen preciznosti, za razliku od osnovnih planova, koje je teško odrediti za duži period.

Predviđanje potrebnih uslova, kao nužnih pretpostavki za ostvarenje planiranih stanja i ponašanja sistema, podrazumeva planiranje potrebnog rada, radne snage (rukovodioci i izvršioci), materijalnih i finansijskih sredstava.

S obzirom na horizont planiranja, u literaturi se sreću sledeće etape (faze) razvijanja planova: predviđanje; perspektivno planiranje; srednjoročno planiranje; operativno planiranje, i terminiranje.

Glavna obeležja navedenih planova [8] prikazana su u tabeli.

⁹ Po ovom kriterijumu planovi se mogu deliti, s obzirom na radove, na konkretne – tekuće operativne planove kojima se stvaraju uslovi za ostvarenje namenskih ciljeva.

¹⁰ Planovima ponašanja sistema predviđaju se određene faze aktivnosti dinamičkog sistema. Najčešći planovi ponašanja ekonomskih sistema su: operativni plan proizvodnje (radova i usluga) i operativni finansijski plan.

¹¹ Kod statičkih sistema, kao što su mnogi tehnički sistemi, to su stanja njihove konstitucije, odnosno strukture njihovih elemenata i međusobnih odnosa između tih elemenata – tehnički projekti. Kod dinamičkih sistema, kao što su ekonomski i drugi sistemi to su odnosi između elemenata izlaza iz sistema i elemenata ulaza u sistem, zahvaćeni određenim vremenskim presekom – u jednoj godini, u više godina i sl.

¹² Organizacioni planovi se dalje mogu deliti prema organizacionoj pripadnosti ili prema funkcijama u organizaciji.

Glavna obeležja planiranja po vrstama

OBELEŽJE PLANIRANJA VRSTA PLANIRANJA	HORIZONT PLANIRANJA	KO OBAVLJA PLANIRANJE	NA OSNOVU ČEGA SE OBAVLJA	SADRŽAJ PLANA (predmet tretiranja)
1	2	3	4	5
PREDVIĐANJE	Više od 10 godina.	Multidisciplinarni timovi. Konsultanti (eksperti za scenarije). Konsultanti (eksperti za pojedine oblasti). Najviši organi upravljanja	Obavlja se na osnovu podataka koji se mogu dobiti (saznati, prozreti, naslutiti, istražiti), na osnovu globalnih trendova, težnji, promena i razvoja organizacionih sistema. Koriste se, uglavnom, kvalitativne metode, a delom i kvantitativne (utvrđivanje trendova).	Definisanje scenarija budućnosti, projektovanje budućnosti i usmeravanje organizacionog sistema ka budućim promenama. Predstavlja futurološko prognoziranje određenih tokova.
PERSPEKTIVNO PLANIRANJE	Period do 10 godina (nedostatak pouzdanih informacija i velika neizvesnost).	Najviši organi upravljanja u sistemu.	Obavlja se na osnovu globalnih trendova, težnji, promena i razvoja organizacionih sistema	Rast i razvoj sistema. Globalni pokazatelji obima, vrste i kvaliteta sistema.
SREDNJOROČNO PLANIRANJE	Period od 5 godina.	Srednjoročni plan rasta i razvoja organizacionog sistema izrađuje strategijski menadžment za nivo celog sistema (kompanije), kao i za pojedine njene autonomne delove.	Vrši se na osnovu perspektivnog plana, sa korekcijama koje su rezultat novih saznanja ili promena.	Osnovna delatnost, rast i razvoj sistema. Najčešće se tretira: – eventualno napuštanje postojećih i uvođenje novih tehnoloških i organizacionih rešenja, tehničkih sistema, proizvoda, usluga i resursa; – rekonstrukcija postojećih ili uvođenje novih tehnoloških i organizacionih rešenja, tehničkih sistema, proizvoda, usluga i resursa; – eksterni i interni nastup u užem i širem okruženju i povećanje rasta i razvoja organizacionog sistema.
OPERATIVNO ¹³ PLANIRANJE	Najčešće za jedan mesec, a u pojedinim sistemima se izrađuju i dekadni, sedmični i dnevni planovi. ¹⁴	Najviše rukovodstvo sistema (daje smernice i preporuke). Rukovodioci pojedinih organizacionih delova (ili funkcija). Planski organi.	Poslovi iz osnovnog plana, ali i svi vanredni ili nepredviđeni radovi ili usluge.	Ravnomerno se raspoređuje proizvodnja (obuka) ili pružanje usluga, radi optimalnog i iskorišćenja resursa i ostvarenja dobiti. Precizno se planira fizički obim radova (proizvodnje, obuke, usluga i sl.) i vrednosni rezultat ostvarenja pojedinih ciljeva.
TERMINIRANJE	Detaljno planiranje dnevnih aktivnosti za jednu smenu ili pojedine delove smene jednočasovno, ¹⁵ dvočasovno i sl.	Svako na svom nivou.	Poslovi iz operativnog plana, ali i svi vanredni ili nepredviđeni radovi ili usluge.	Precizno se planira fizički obim radova i drugih aktivnosti i vrednosni rezultat ostvarenja pojedinih ciljeva.

¹³ Fundamentalne elemente operativnih planova čine: ciljevi, akcije, resursi i aktivnosti na određivanju, usmeravanju i motivisanju izvršilaca da realizuju plan.

¹⁴ Za efikasnost i efektivnost poslovanja (funkcionisanja) vojnih organizacionih sistema posebno su bitni dnevni planovi ličnog an-

gažovanja i dnevni planovi organizacionih celina, jer bitno doprinose smanjenju organizacionih gubitaka vremena i resursa.

¹⁵ Da bi se uspešno sprovodilo u praksi zahteva postojanje adekvatne organizacione kulture i klime u sistemu. Najviše je zastupljeno u privredi Japana.

Principi planiranja

Planiranje podrazumeva primenu određenih principa kao osnove za obezbeđenje efikasnosti i efektivnosti sistema u ostvarenju ciljeva. Na uvažavanje principa se, osim planskim postavkama, mora uticati i tokom realizacije planskih zadataka.

Kvalitetno planiranje podrazumeva pripremu i neposredan rad na planiranju, izbor tehnika i metoda planiranja, koje treba da budu usklađene sa prirodom problema koji se rešava. Za izvršenje zadataka bira se oblik organizovanja koji će obezbediti veću racionalnost, hijerarhijsko dekomponovanje i postupno rešavanje složenih problema, kao i naučno određivanje varijanti rešenja.

Korišćenje naučnih metoda, tehnika, informatičke opreme i softvera pri planiranju obezbeđuje objektivnost planiranja, maksimalno iskorišćavanje mogućnosti planiranja aktivnosti i kvantifikaciju ciljeva.¹⁶ Poželjno je da planovi budu formulisani u pisanoj formi. Sistem, pojave i procesi se posmatraju tokom planiranja kroz čitav životni ciklus, uz obuhvat svih činilaca koji utiču na dostizanje cilja i uključivanje glavnog rukovodstva u (timski) rad na planiranju.

Sve informacije potrebne za planiranje retko će biti dostupne, što planiranje čini ograničenim i zahteva fleksibilan pristup organizaciji planiranja, sagledavanje parcijalnih rešenja i njihovu optimizaciju sa aspekta krajnjeg cilja.¹⁷ U

procesu iznalaženja planskih rešenja potrebno je analizirati prošlost, ocenjivati sadašnjost i predviđati budućnost, uz prihvatanje verovatnoće kao mere preciznosti predviđanja budućih stanja. Korišćenje razvijene (stvorene) baze znanja, pri planiranju, „ugrađivanje“ pravih informacija u planove i isticanje težišta i prioriteta u planskim rešenjima proces planiranja čini racionalnim.

Planiranje se obavlja osloncem na postojeća znanja, uglavnom predstavljena u pisanoj formi (podaci za upotrebu), kao i na iskustvo, pri čemu se uvažavaju istorijski razvoj objekta – pojave posmatranja (primena kvantitativnih metoda), ali i moguće turbulentno ponašanje u sistemu i okruženju (primena kvalitativnih metoda: metode scenarija i dr.). Faze, aspekti i dimenzije sistema – problema pri planiranju se uvažavaju u meri koja će obezbediti obuhvat svih činilaca koji utiču na dostizanje cilja.

Planiranjem se sagledava mogućnost sprovođenja planova (orijentisanost plana na akciju), instrumenti i način provere ostvarenja planskih zadataka i stvaraju se uslovi za obezbeđenje kontrolnih informacija o dinamici i stanju izvršenja plana. Planovi kao instrumenti planskih odluka moraju biti formalno i sadržajno tako oblikovani da se mogu jednostavno i brzo menjati u toku planskog perioda u skladu sa promenama uslova funkcionisanja sistema i izvršavanja zadataka i treba da sadrže potpune, istinite i korisne informacije, potrebne dubine i stepena konkretizacije. Forma i sadržaj planova treba da budu što više tipizirani, u skladu sa jedinstvenim sistemom upravljačke dokumentacije u vojnoj organizaciji. Bit-

¹⁶ Kvantifikacija može da se izrazi kategorijama vremena, određenim iznosom troškova, pomoću količinskih odnosa, stepena ili procenta.

¹⁷ Budućnost je neprekidan tok događaja koji se mogu predvideti i na koje se može uticati sprovođenjem planskih odluka, koji se mogu sagledati i na koje se ne može uticati i koji se niti mogu sagledati niti se može na njih uticati.

ni stručni prilozi uz planske instrumente moraju se vizuelno fiksirati (napisati, nacrtati, slikati).

Uključivanjem u izradu plana onih koji planove sprovode i onih koji upravljaju njihovom realizacijom sagledavaju se sve potrebe, mogućnosti i želje i smanjuje se broj subjekata i objekata koji učestvuju u lancu informacionih i materijalnih tokova i povećava stepen motivacije za sprovođenje plana.

Swako plansko rešenje mora da predvidi neophodno rezervno vreme za izvršenje hitnih zadataka i poslova koji neizbežno iskršavaju u realnom sistemu, a koji ne mogu da se sagledaju u početnim fazama planiranja – upravljačka vremenska rezerva. Normativi vremena i resursa pri planiranju treba maksimalno da se koriste. Detalji planskih rešenja zavise od vrste plana i upravljačkog nivoa na kojem se plan izrađuje.

Faze i dimenzije planiranja

Planiranje je kreativan stvaralački proces koji, s obzirom na suštinu [4], obuhvata:

- misaono-stvaralačke aktivnosti – aktivnosti predviđanja, odlučivanja i stvaranja planskih rešenja, i
- aktivnosti tehničkog karaktera, usmerene na razna fizička merenja, rad na računaru, vođenje pribeleški i evidencija, kucanje teksta, crtanje sadržaja, izradu skica i šema i ispunjavanje planskih obrazaca.

Funkcionalno posmatrano, planiranje se odvija putem tri grupe usklađenih i srodnih poslova: predviđanje, odlučivanje i izradu planova. Među ovim zavi-

snim grupama aktivnosti ne postoji stroga vremenska granica, jer se delimično odvijaju paralelno i sa međusobnim povratnim uticajem jedne na drugu.

Predviđanje obuhvata određivanje budućih stanja, ponašanja, redosleda akcija, događaja i procesa, kao i šta treba uraditi i koja akcija obezbeđuje najmanje posledice ako se desi nepredviđeno. Suština predviđanja jeste sagledavanje uticajnih faktora i elemenata situacije, budućih događaja i pojava koje treba uzeti u obzir u izradi planova i konkretizaciji postavljenih ciljeva.¹⁸ Utvrđivanje zakonitosti nastajanja i kretanja pojava, budućih stanja i ponašanja može se vršiti kvalitativno, eksperimentom, kvantitativnom analizom i primenom iskustva.

Odlučivanje je misaoni proces koji obuhvata celokupnu delatnost pri rešavanju nekog problema.¹⁹ Donošenje odluke u okviru planiranja zahteva analizu i upoređivanje više varijanti rešenja po više kriterijuma različitog uticaja i različitog nivoa značajnosti i uvažavanje realnih ograničenja. Za neki problem može postojati više varijanti rešenja, ali odluka za jedan zadatak može biti samo jedna i predstavlja akt opredeljenja funkcionalnog autoriteta (pravo na odlučivanje) na tehnologijom odlučivanja iznađena rešenja. Finalni produkt izbora jedne varijante predstavlja odluku.²⁰

Formulisanje odluka upravljanja u procesu planiranja ostvaruje se izradom plana. Izradom planova misaono oformlje-

¹⁸ Od kvaliteta predviđanja u znatnoj meri zavisi realnost planova. Predviđanja za duži vremenski period nesigurni su, i što je zadati cilj kompleksniji to je i rizik veći.

¹⁹ Donošenje odluke je iterativna procedura sa nekoliko ciklusa u kojoj svaki ciklus opet ima nekoliko koraka.

²⁰ Odlučivanje je i izbor, odnosno neizbor jedne moguće varijante.

na rešenja se pomoću određenih tehnika izrade plana oblikuju, konkretizuju i materijalizuju. Planovi se oformljuju tekstualno, tabelarno, grafički i kombinovano. Plan predstavlja akt nužnosti – zakon u materijalnom pogledu i obavezujući je za izvršioce zadatka. Izradom planova konkretizuju se ciljevi i bliže određuje šta sve treba preduzeti da bi se ciljevi dostigli.

Plan kao instrument procesa planiranja predstavlja razradu kvalitativnih i kvantitativnih pokazatelja o zadacima koji proističu iz namene sistema i ciljeva poslovanja. Plan je jedan od bitnih instrumenata upravljačke funkcije koji služi kao podloga za preduzimanje upravljačkih akcija. Izradom planova vrši se konkretizacija ciljeva i bliže određuje šta sve treba preduzeti da bi se ti ciljevi mogli ostvariti, imajući u vidu verovatni razvoj budućih događaja.

Konkretizacija ciljeva obuhvata odgovore na pitanja: šta treba uraditi; ko treba da izvrši pojedine zadatke; kada šta treba da uradi; gde i kojim sredstvima i kako treba da uradi.

Generalno posmatrano, dobar plan treba da sadrži želje, potrebe i mogućnosti, jer da bi se planiralo moraju se poznavati sopstvene potrebe, preispitati sopstvene mogućnosti, a nešto se mora i želeti.

U vojnim organizacionim sistemima planove karakterišu sledeće dimenzije: prostorna, vremenska i organizaciono-tehnološka.

Prostorna dimenzija podrazumeva odvijanje određenih aktivnosti na konkretnom prostoru, određenom donetim odlukama ili mestom lociranja, odnosno angažovanja resursa. Prostornu dimenzi-

ju je, pri izradi planskih rešenja, najbolje predstaviti na računaru „3D prikazom“ i na topografskoj karti (na koju se unosi razmeštaj bitnih elemenata i važni podaci), skicama i šemama.

Vremenska dimenzija planiranja pokazuje da svaka aktivnost ima određeno trajanje i da se mora odvijati u određenom vremenu, u odnosu na određene vremenske repere i ograničene resurse. Ova dimenzija planiranja može se najbolje izraziti linijskim dijagramima aktivnosti – gantogramima aktivnosti.

Organizaciono-tehnološka dimenzija podrazumeva odvijanje aktivnosti na način i u vremenu određenom njenim logičnim mestom u okviru zadatka, odnosno celog projekta. Najbolje se može predstaviti mrežnim planom podržanim sa linijskim dijagramima i određenim slobodnim formama prozne deskripcije (opisno). Često se koristi terminski mrežni plan (kao instrumentarij za određivanje tehnologije izvođenja aktivnosti) koji pruža informacije o: zadacima i njihovim nosiocima; terminiranju zadataka; raspodeli resursa po zadacima i ulazno-izlaznim parametrima aktivnosti (tamo gde je to potrebno).

Sagledavanje upravljanja putem planiranja

Upravljanje u vojnim organizacionim sistemima predstavlja usmeravanje i koordinaciju ljudskih, materijalnih i drugih resursa da bi se ciljevi dostigli u planiranom vremenu, u planiranom obimu, sa planiranim troškovima i da bi bili planiranog kvaliteta. Njime se obezbeđuje jedinstveno postupanje i homogena akcija.

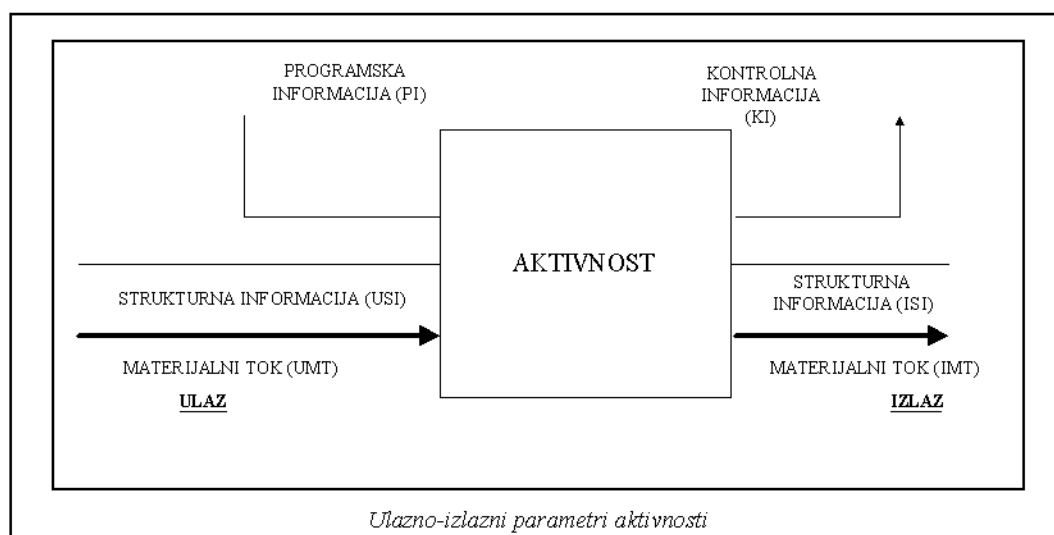
Da bi se aktivnosti organizacionih procesa odvijale po zahtevanoj tehnologiji i da bi se njima upravljalo moraju se, u procesu planiranja, sagledati i osigurati svi potrebni ulazni i izlazni parametri organizacionih aktivnosti, što se vidi na slici.

Problemi većine organizacionih sistema ne proizlaze iz organizacione već iz procesne strukture, najčešće zbog nepovezanih aktivnosti ili procesa međusobno. Tehnologija sprovođenja organizacionih procesa ne zasniva se samo na određivanju logičke međuzavisnosti aktivnosti već i na određivanju protoka izlaznih parametara prethodne aktivnosti u ulazne parametre kod narednih aktivnosti. Da bi izvršio mogli realizovati aktivnosti neophodno je da imaju sve programske informacije, ulazne strukturne informacije i osiguran ulazni materijalni tok. Takođe, neophodno je da znaju kome treba da dostavljaju izlazne strukturne informacije, izlazne materijalne tokove i izveštaje.

Aktivnosti u vojnim organizacionim sistemima izvide pojedinci, grupe, tehnološke celine i ekipe koje su organizaciono,

preko svojih rukovodstava, uvezani u određene organizacione celine i jedinice. Da bi svaka organizaciona celina ili pojedinac – izvršilac mogao da realizuje određene aktivnosti neophodni su mu podaci i informacije. Takođe, i rukovodstvu koje upravlja kompletnim organizacionim procesom neophodne su određene informacije. Potrebne informacije obezbeđuju se putem horizontalnog i vertikalnog informisanja.

Da bi se uspešno upravljalo realizacijom aktivnosti u vojnim organizacionim sistemima neophodno je, na osnovu programa (organizacije i tehnologije), izvođenja, obezbediti sve potrebne informacije o planskim aktivnostima (programske informacije), kako bi se moglo narediti – aktivirati njihovo sprovođenje i obezbediti da se pri kontroli sprovođenja aktivnosti dobiju projektovani izlazni parametri i rezultati aktivnosti koji se mogu upoređivati sa ulaznim parametrima. Uspešno odvijanje procesa u vojnim organizacionim sistemima zahteva obezbeđenje prenosa svih parametara i rezultata prethodnih aktivnosti u sledeće aktivnosti.



Ako u toku realizacije dođe do kasnijeg ili ranijeg završetka aktivnosti neophodno je doneti odluku o daljem toku odvijanja aktivnosti i promeni koja se mora provesti (na primer, skraćenje aktivnosti na kritičnom putu ili raniji početak neke aktivnosti), odnosno promeniti programske informacije aktivnosti, a zatim sprovesti vertikalnu i horizontalnu informisanost.

Raspoloživi resursi u vojnim organizacionim sistemima su ograničeni, pa je neophodno da se planiranjem i upravljanjem reši problem njihovog optimalnog raspoređivanja i da se postavi informaciona osnova za njihovo obezbeđenje po količini, kvalitetu i rokovima.

Suština optimalne raspodele ograničenih resursa, u funkciji vremena, na izvršenje bilo koje aktivnosti projektuje se u toku planiranja početka svake aktivnosti, koje pri zadatim ograničenim resursima obezbeđuje izvršenje zadatka u najkraćem roku, pri čemu se uzima u obzir tehnološka zavisnost aktivnosti. Optimalno rešenje angažovanja resursa uslovljeno je usvojenim kriterijumom optimizacije i prisutnim ograničenjima (ograničavajućim uslovima), a može se obavljati uz uvažavanje sledećih kriterijuma: da se za čvrsto zadati rok, uz poznati obim i vrstu zadataka, iznađe optimalni plan angažovanja resursa; da se za čvrsto zadate resurse, poznati obim i vrstu zadataka odredi minimalno trajanje izvršenja zadatka; da se za poznate raspoložive resurse u zadatom intervalu iznađe vrsta i obim zadataka koje je moguće realizovati uz postizanje maksimalnih efekata (ekonomskih i drugih).

Tehnike, metode i softver za podršku planiranju

Postoje brojne metode, tehnike i softver koji se mogu koristiti pri planiranju u vojnim organizacionim sistemima [2]. U konkretnoj situaciji treba ih pravilno izabrati prema predmetu, svrsi, zadatim ciljevima i raspoloživoj naučnoj građi – činjenicama. Njihovom primenom znatno se doprinosi efikasnosti i efektivnosti planiranja, ali i realizaciji planiranih poslova.

Poznatiji softveri za podršku pojedinih faza procesa planiranja poslova projektne prirode su:

- MICROSOFT EXCEL – namenjen za rad sa bazama podataka (kreiranje, upravljanje, ažuriranje). Omogućava izradu raznih tabela i grafikona zasnovanih na podacima iz radnih tabela, rad sa bazama podataka u tabelarnom obliku, različite operacije nad tabelarnim podacima i kreiranje različitih vrsta i formi izveštaja (tabelarna forma, ciklogrami, histogrami, kumulativni prikazi...);

- ACCESS – namenjen je za rad sa bazama podataka (kreiranje, upravljanje, ažuriranje). Omogućava korišćenje automatizovane aplikacije baze podataka iz interaktivne baze podataka. U njemu je ugrađena zbirka korisnih „alatki“ koje olakšavaju pravljenje pojedinih komponenti baze podataka (tabele za smeštaj podataka, upiti, obrasci i izveštaji). Posebne mogućnosti softvera u oblasti automatizacije baze podataka jesu kreiranje modula i makroa;

- POLICU/GOAL PERCENTAGING – namenjen za rešavanje problema višekriterijumskog odlučivanja;

- IFPS/Personal (Interactive Personal Financial Planning System) – name-

njen za potrebe interaktivnog finansijskog planiranja, koji omogućava i primenu u drugim oblastima. Omogućava analizu osetljivosti, analizu „šta-ako“ i analizu dostizanja cilja;

- COAL PROGRAMING – koristi se za rešavanje problema ciljnog linear-nog programiranja;

- MODSIM III – objektno orijentisan modularan simulacioni jezik, blok strukture i opšte namene, sa mogućnostima za vizuelnu prezentaciju simulacija. Namenjen je za upotrebu u izradi velikih procesno baziranih modela simulacije izolovanih događaja putem modularnih i objektno orijentisanih tehnika razvoja. Kao izlaz može dati izvršni program sa simulacionim eksperimentom. Jezik je građen otvoreno, tako da se može proširivati sa modulima za baze podataka, posebno za građenje distribuiranih simulacionih igara i dr.;

- VKR – programski paket namenjen za rešavanje problema višekriterijskog odlučivanja. Softver sadrži sledeće metode: MISEL, Elektre I i II, IKOR, Promethee I, II i III, MENOR, TOPSIS;

- VP – EXPERT – namenjen je za implementaciju ekspertnih sistema. Omogućava korišćenje postojeće i pravljenje nove baze znanja;

- EXPERT CHOISE – pogodan je za rešavanje problema višeatributnog odlučivanja gde se javlja više konfliktnih i konkurentnih kriterijuma i više alternativa. Omogućava analizu „šta-ako“, analizu osetljivosti rešenja i određivanje indeksa konzistentnosti donosioca odluke. Softver predstavlja simbiozu matematičke metode analitičkih hijerarhijskih procesa i elemenata ekspertnog sistema u

obliku generatora sistema za podršku odlučivanju (SPO). Može da se koristi za modeliranje i rešavanje različitih vrsta problema, kod grupnog odlučivanja i odlučivanja sa većim brojem kriterijuma i alternativa;

- CA SPJ – namenjen je za planiranje, praćenje i upravljanje projektima. Omogućava rad sa velikim brojem aktivnosti determinističkog i stohastičkog karaktera, izradu kalendara aktivnosti i resursa, raspored poslova prema prioritetu aktivnosti i resursa i istovremeni rad sa više projekata;

- MICROSOFT PROJECT – namenjen je za planiranje, praćenje i upravljanje projektima, sa aktivnostima stohastičkog i determinističkog karaktera. Omogućava rad sa standardnim kalendarima aktivnosti i resursa i formiranje kalendara po sopstvenoj želji. Pruža mogućnost rada sa ograničenjima, definisanje različitih odnosa među povezanim zadacima i predhode-nje i odlaganje povezanih zadataka – aktivnosti. Omogućava veliki broj operacija nad unetim podacima (traženje, pretraživanje, ažuriranje, filtriranje, sortiranje), kao i istovremeni rad sa više projekata;

- PROGRAMSKI PAKET PRIMavera – koristi se za planiranje, praćenje i upravljanje projektima.

Raspoložive činjenice, složenost i vrsta problema znatno uslovljavaju izbor metode ili softvera za podršku planiranju.

Zaključak

Vojni organizacioni sistemi funkcionišu u doba neizvesnosti i brzih promena, a osnove na kojima se zasnivaju planovi vrlo su nesigurne. Ipak, planiranje

je i u tim uslovima i nužnost i potreba, a u uslovima neizvesnosti upravo je obaveza i izazov za kompetentno rukovodstvo i planske organe.

Promene koje se dešavaju na globalnom planu, u okruženju vojnih organizacionih sistema, zahtevaju drugačiji pristup planiranju, dinamičko sagledavanje budućnosti i napuštanje klasičnog pristupa, uvažavanje teorijskih saznanja i primenu savremenih metoda i tehnika, softvera i opreme.

Planiranje je obaveza menadžmenta i planskih organa, a planski organi snose odgovornost i za svoj rad. U vojnim organizacionim sistemima planiranjem se bave pojedinci i grupe, a najbolje je ako se planira timski. Planiranje treba da predstavlja neprekidan proces, a ne parcijalnu delatnost u trenutku nužnosti. Zbog značaja planiranja za vojne organizacione sisteme u strukturi moderno organizovanih vojski formiraju se posebne organizacione celine, sastavljene od vrlo obrazovanih profesionalaca, koji se bave ovim veoma osetljivim i za sistem značajnim poslom.

Komparativne prednosti na kojima treba zasnivati planiranje jesu: znanje, iskustvo i kvalitet, a oni trenutno nisu koncentrisani u sistemu već imaju znatnu disperziju. Planiranje koje se svodi na puku rutinu ili zadovoljenje formalnih obaveza, bez definisane koncepcije razvoja, nema nikakvog smisla. Efikasnijim i na naučnoj osnovi zasnovanim planiranjem postigao bi se viši kvalitet planskih rešenja, racionalno trošenje i opterećenje resursa i time dao značajan doprinos podizanju nivoa gotovosti Vojske.

Planiranje kao proces rešavanja organizacionih problema ima više aspekta:

organizacioni, metodološki, komunikacioni, međuljudski i funkcionalni (sadržajni), a njihovim ovladavanjem znatno se doprinosi kvalitetu planiranja. Da bi se uspešno upravljalo funkcionisanjem vojnih organizacionih sistema vrlo je bitno da se još u fazi planiranja razmišlja o informacijama potrebnim za upravljanje sistemima i procesima.

Vojni organizacioni sistem mora da zadovolji neprekidnost funkcionisanja, što podrazumeva da kroz neprekidno i organizovano planiranje, praćenje stanja, relevantnih faktora i elemenata situacije i preduzimanje upravljačkih akcija treba da spreči moguća iznenađenja i bude uvek spreman za iznalaženje adekvatnih rešenja.

Stalno prisutan zahtev za jedinstvom komandovanja i smanjenjem brojnog stanja komandi i uprava, uz istovremeno povećanje operativnosti u radu i kvalitetu planskih rešenja, može se zadovoljiti samo primenom teorijskih dostignuća u oblasti planiranja, izborom adekvatnih organizacionih oblika rada u toku sprovođenja planiranja (razni oblici grupnog, a pre svega timskog rada), primenom naučno zasnovane metodologije planiranja i većom primenom naučnih metoda, tehnika, informatičke opreme i softvera.

Uočene slabosti u oblasti planiranja (kao upravljačke funkcije i kao poslovi planskih organa) zahtevaju da se planiranje u većoj meri prilagodi potrebama prakse, zahtevima vremena, savremenim upravljačkim trendovima i dinamičnim organizacionim promenama. Zbog brzine i nužnosti promena, moraju se uspostaviti mehanizmi koji će reagovati na prome-

ne, koje treba uočavati i prepoznavati, čak i u vidu slabih signala. Pored toga, uz puno znanja, rada i učenja, mora se menjati vlastiti način razmišljanja, odnos prema filozofiji, kulturi i klimi vojne organizacije.

Literatura:

- [1] Kukoleča, N.: Organizaciono-poslovni leksikon, Rad, Beograd, 1986.
- [2] Andrejić, M.: Timski rad u vojnim organizacionim sistemima, Vojno delo broj 3/2001. (str. 83 do 108), Beograd, 2001.
- [3] Andrejić, M.: Metode i softver za podršku planiranja u logističkim organizacionim sistemima, Vojnotehnički glasnik broj 1/2001. (str. 36 do 53), Beograd, 2001.
- [4] Jovanović, B.: Uvod u teoriju vojnog rukovođenja, VIZ, Beograd, 1984.
- [5] Stokke, P., Ralston, W., Boyce, T., Wilson, Y.: Scenario planning for norwegian oil and gas, Long range planning, No 2, 1990.
- [6] William R. Duncan.: A guide to the project management body of knowledge, pmi Standards Committee, 1996.
- [7] Uputstvo o planiranju rada u VJ, GŠ VJ, Beograd, 1998.
- [8] Weihrich, H. Koontz, H.: MANAGEMENT, McGraw-Hill, inc., International Edition, 1993.
- [9] Certo, S.: PRINCIPLES OF MODERN MANAGEMENT, FUNCTION AND SYSTEMS, Allin and Bacon, BOSTON, LONDON, SYDNEY, TORONTO, 1989.

Mr Aleksandar Kari,
kapetan I klase, dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd
dr Momčilo Milinović,
dipl. inž.
Mašinski fakultet,
Beograd

BORBENO OPTEREĆENJE VIŠECEVNOG LANSERA USLED DEJSTVA UDARNOG TALASA

UDC: 623.428.84

Rezime:

U radu su obrađene osnovne karakteristike borbenog opterećenja samohodnog višecernog lansera raketa sa aspekta mehanike borbene žilavosti. Različite amplitude udarnih talasa iniciraju granične sile i momente koji deluju na bočnu stranu lansera i narušavaju stabilnost lansera i bezbednost raketne municije. Utvrđen je profil impulsnog opterećenja višecernog lansera raketa pod dejstvom udarnog talasa nastalog hipotetičkim pogotkom u njegovoj neposrednoj blizini i postavljeni su uslovi stabilnosti tako pogođenog lansera.

Ključne reči: višecerni lanser, borbeno opterećenje, udarni talas, stabilnost.

COMBAT LOADING OF MLRS UNDER SHOCK WAVE IMPULSE

Summary:

This paper considers behavior of basic performances of combat survivability for MLRS of short tactical ranges. Different shock wave amplitudes initiate threshold forces and moments acting on MLRS lateral sides and disturbing launcher stability and rocket ammunition safety. A mathematical model takes into account impulse shock wave loading caused by HE projectiles and gives stability conditions of MLRS.

Key words: MLRS, combat loading, shock wave, stability.

Uvod

Pri gađanju višecernim lanserima raketa koji koriste fiksne cevi integrisane na lansirnu kutiju, namenjene za višekratnu upotrebu, najčešće se prelazak sa jednog vatrenog položaja na drugi, kao i prelazak sa rezervnog na vatreni položaj vrši u uslovima intenzivnog kontrabatiranja ili neispaljenog rafala napunjenog lansera. Tada raketa trpi posebna opterećenja gasodinamičkih impulsnih udara na koja obično nije proverena važećim standardima za kontrolno-tehnička gađanja. Ova opterećenja i amplitudno i frekventno predstavljaju karakteristične slučajeve koji nisu propisani važećim vojnim standar-

dima već se tretiraju kao koncept ispitivanja borbene žilavosti oruđa i municije.

Udarni talas koji nastaje usled eksplozije u neposrednoj blizini samohodnog višecernog lansera raketa može izazvati različite efekte na sam lanser. Ti efekti najčešće se javljaju kao impulsne sile natpritiska udarnog talasa koji menja svoj oblik i intenzitet, prelazeći preko profila samohodnog sistema zavisno od pravca iz kojeg dolazi (slika 1). Posledice takvih promena formiraju rezultujuću dinamičku silu koja izaziva:

- oscilacije samog lansera,
- eventualno prevrtanje ili destabilizaciju,
- potpuno ili delimično uništavanje, i

- aktiviranje raketa na platformi za punjenje lansera ili u cevima.

Svaki od navedenih efekata zavisi od niza faktora od kojih su najvažniji:

- rastojanje i intenzitet primarnog izvora eksplozije (dakle, položaj pogotka po koordinatnom zakonu uništenja),
- sama čvrstoća i oblik samohodnog lansera i pouzdanost mehanizama napunjene municije,
- osetljivost funkcije lansirnog oruđa na promene koje mogu da izazovu kratkovremene dinamičke sile.

Formiranje opterećenja usled udarnog talasa

Za formiranje opterećenja usled udarnog talasa nastalog zbog eksplozije projektila u neposrednoj blizini samohodnog lansera formiran je fizički model koji je uprošćeno prikazan na slikama 1 i 2.

Na sistem deluje poremećajna sila P talasa, nastalog usled eksplozije projektila na udaljenosti r od samohodnog lansera [1].

Glavne karakteristike udarnog talasa su natpritisak na frontu udarnog talasa i trajanje impulsa, čije vrednosti zavise od vrste eksploziva, mase eksploziva i udaljenosti od mesta eksplozije. Na osnovu eksperimentalnih rezultata, za sferične udarne talase koji nastaju detonacijom određene mase TNT, Sadovski [2] je predložio empirijsku formulu za proračun natpritisaka na frontu udarnog talasa u obliku:

$$\Delta p = k_1 \frac{m_e^{\frac{1}{3}}}{r} + k_2 \frac{m_e^{\frac{2}{3}}}{r^2} + k_3 \frac{m_e}{r^3} \text{ [bar]} \quad (1)$$

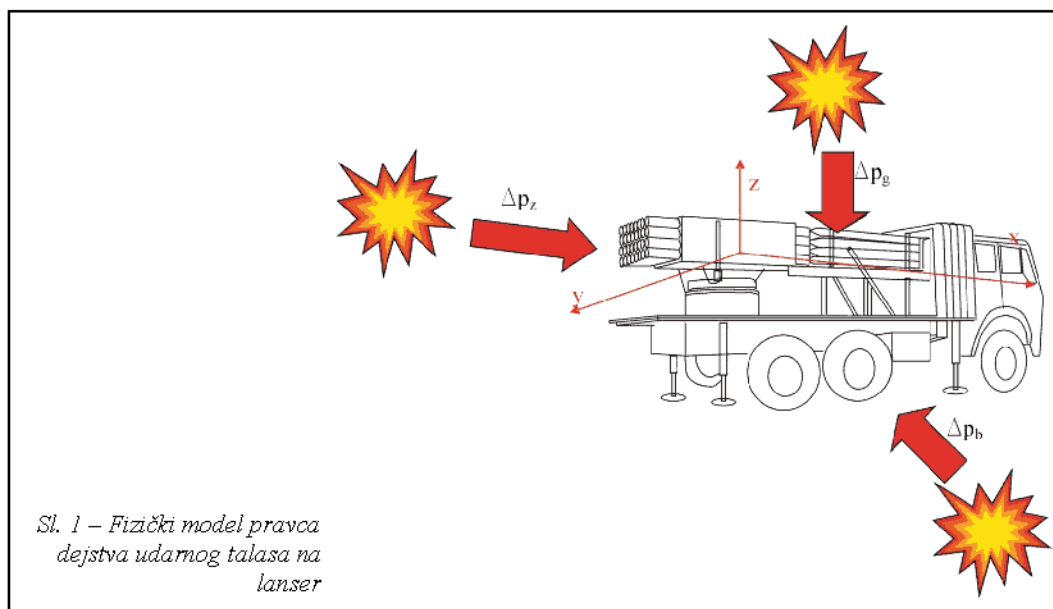
gde su:

m_e – masa eksplozivnog punjenja u kg,

r – udaljenost od centra eksplozije u m,

k_1, k_2, k_3 – empirijski koeficijenti koji zavise od vrste eksplozivnog punjenja, a profil zadat u vremenu prikazan je na slici 2.

Za eksploziv tipa TNT, kao i za ostale eksplozive srednje snage, u slučaju



Sl. 1 – Fizički model pravca dejstva udarnog talasa na lanser

nadzemne eksplozije usvajaju se vrednosti empirijskih koeficijenata $k_1 = 0,85$; $k_2 = 3$; $k_3 = 8$. U slučaju površinske eksplozije, udarni talas u vazduhu se širi u obliku polusfere (duplo manja zapremina), pa je natpritisak u tom slučaju veći. Tada se najčešće u izrazu (1) za masu punjenja uzima dvostruka masa [2]. Kako pri površinskoj eksploziji dolazi i do deformacije tla potrebno je uvesti i koeficijent η koji zavisi od vrste tla (tabela), pa je pro računaska masa eksploziva u izrazu (1): $m_p = 2\eta m_e$.

Vrednosti koeficijenta η

Tip prepreke	Čelična ploča	Armirana betonska ploča	Beton, stena	Tvrdo zemljište	Srednje-tvrdo zemljište	Voda
η	1	0,95-1	0,85-0,9	0,7-0,8	0,6-0,65	0,55-0,6

Uz usvajanje da je do eksplozije došlo na tvrdom zemljištu ($\eta \approx 0,75$), koeficijenti u izrazu (1) dobijaju sledeće vrednosti:

$$k_1 = 0,97; k_2 = 3,93; k_3 = 12$$

Dejstvo eksplozije na većim rastojanjima od mesta eksplozije r ostvaruje se zahvaljujući kretanju talasa sabijanja i talasa razređenja vazduha. Zavisnost pritiska od udaljenosti od centra eksplozije i vremena prikazana je na slici 2 [3].

Vreme dejstva pozitivne faze natpritiska predstavlja važnu praktičnu karakteristiku udarnog talasa, jer bitno utiče na efekat rušecog dejstva.

Na osnovu eksperimentalnih rezultata i numeričkog modeliranja utvrđen je sledeći izraz za izračunavanje vremena dejstva udarnog talasa [3]:

$$\tau = 0,0015 \sqrt[6]{m_e} \sqrt{r} \quad (2)$$

gde su:

m_e – masa eksplozivnog punjenja u kilogramima,

r – udaljenost od centra eksplozije u metrima, a τ se računa u sekundama.

Sa određenim približenjem [3] može se uzeti da je:

$$\tau = \frac{r}{2c} \sqrt[6]{\frac{m_e}{r^3}} \quad (3)$$

gde je c – brzina zvuka.

Zavisno od vremena trajanja pozitivne faze natpritiska dominantno dejstvo nastaje usled intenziteta natpritiska ili usled veličine impulsa natpritiska [4, 5]:

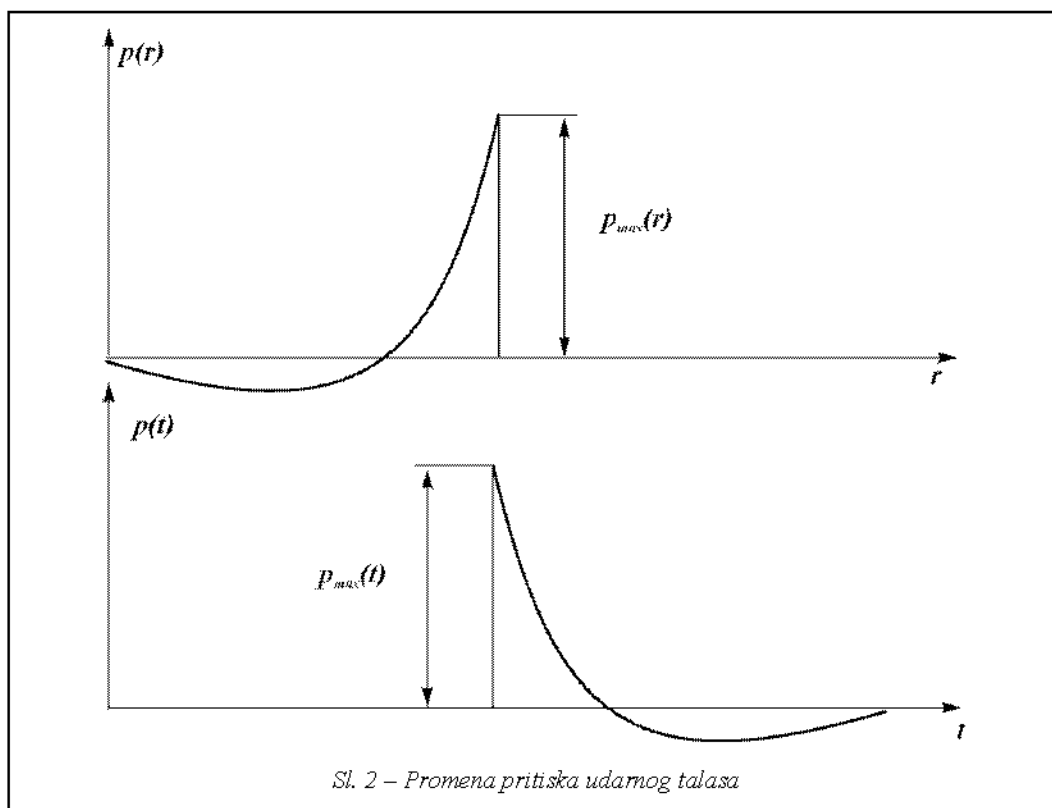
$$I = \int_0^{\tau} p(t) dt \quad (4)$$

gde je $p(t)$ – natpritisak u nekom trenutku t nakon prolaska čela udarnog talasa.

Vrednost impulsa udarnog talasa može se proceniti na osnovu eksperimentalne matematičke aproksimacije natpritiska u zavisnosti od vremena [4]:

$$p(t) = \Delta p \left(1 - \frac{t}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (5)$$

Raspodela opterećenja natpritiska na lanser u toku dejstva eksplozije prikazana je po fazama kretanja preko širine vozila pri bočnom dejstvu eksplozije i raspoređena kao aproksimacija za prostiranje talasa preko zatvorenog kvadra u tri karakteristične ravni po širini vozila (slike 3 i 4) [4, 5].



Nakon takvog bočnog opstrujavanja širine vozila pokretnim udarnim talasom dolazi do deformacije profila natpritiska po širini vozila tokom vremena od momenta nailaska pa do izlaska udarnog talasa sa naspramne bočne strane duž y ose. Navedene deformacije poslužiće za približnu procenu intenziteta natpritiska i pozitivne faze impulsa pritiska sa aspekta ocene opterećenja raketa u lanseru i na borbenoj platformi.

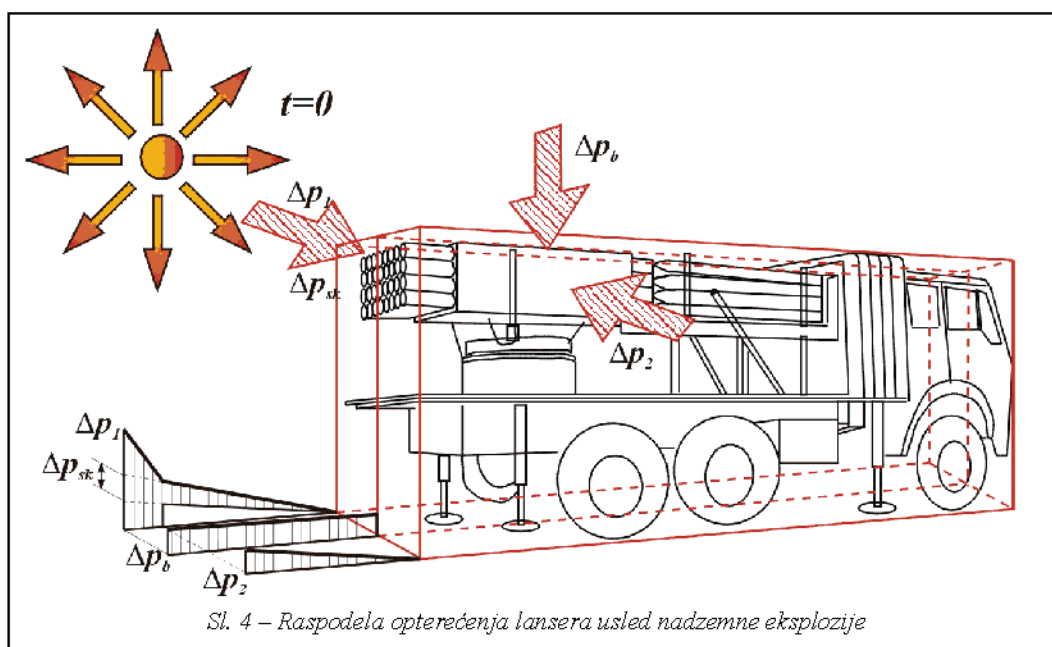
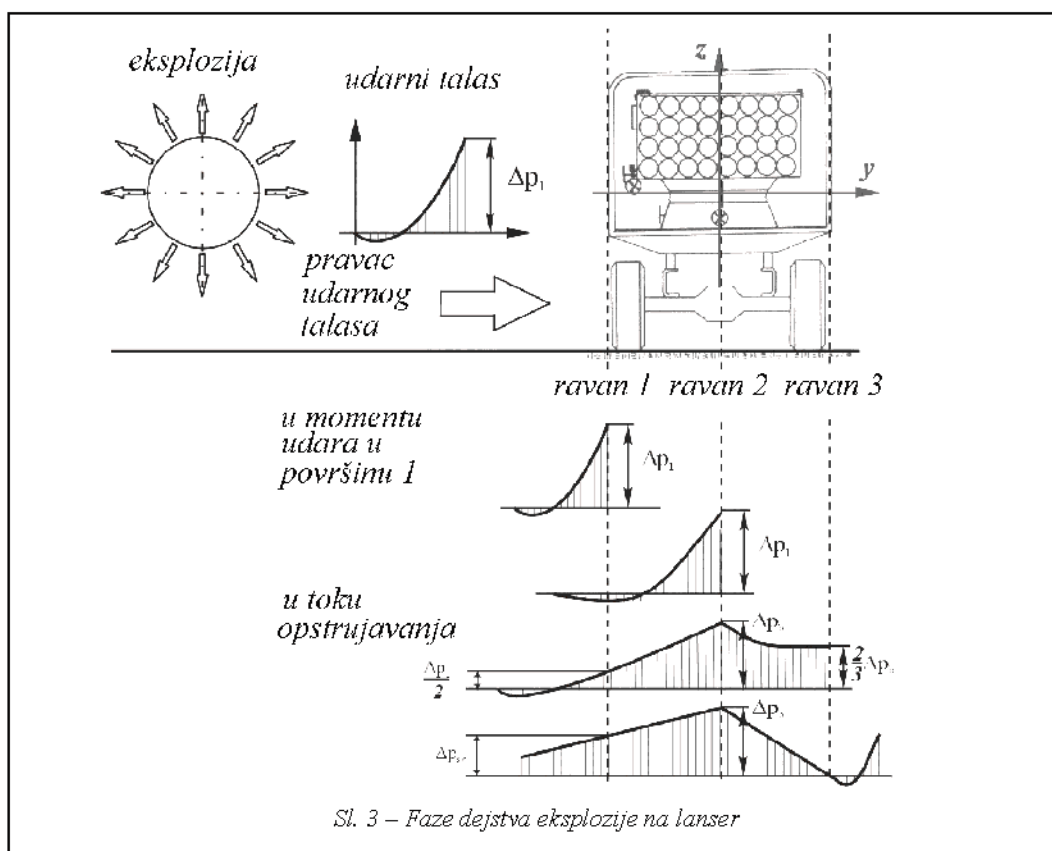
Ukupna aproksimacija bočnog natpritiska, kao impulsna pobuda, predstavlja razliku natpritiska svedenu na bočnu površinu siluete vozila u početnom trenutku. To je osnova za proračun merodavne impulsne sile koja može da izazove pomenute efekte ugrožavanja borbene žilavosti lansera napunjenog raketnom

municijom. Ta vrednost može se proceniti [6] prema izrazu:

$$\Delta p_{sk} = \frac{2,5 \cdot \Delta p_b^2}{\Delta p_b + 709205} \quad (6)$$

Pošto udarni talas menja profil natpritiska sa gornje strane i pri bočnom opstrujavanju, usvojen je približni model rešenja rezultujućeg efekta dobijen superpozicijom profila natpritisaka, datog na slici 3, pri dejstvu sa boka i opstrujavanju odozgo prostornog paralelograma približnih dimenzija samohodnog lansera (slika 4).

Važno je naglasiti da precizno utvrđivanje prostiranja udarnog talasa preko karakterističnih površina samohodnog



lansera po širini ili po dužini predstavlja vrlo složen matematički model, koji se čak i sa najboljim softverskim paketima ne može pouzdano oceniti. Ovakve sile se najčešće utvrđuju na poligonu eksperimentalnim merenjima, tako da ovaj pokušaj predstavlja samo idejnu aproksimaciju pitanja fizičkih procesa koji još nisu standardizovani i uobličeni u matematički aparat konstruktorskih i prototipskih simulacionih ispitivanja.

Opterećenje koje deluje na ukupnu površinu siluete samohodnog lansera ima distribuciju natpritiska u toku vremena u formi modifikovanog oblika impulsnog udarnog talasa.

Maksimalni natpritisak, koji deluje na bočnu stranu lansera, dakle, iznosi:

$$P_{\max} = c_y \cdot p_{sk} \quad (7)$$

gde je:

p_{sk} – rezultujući efektivni pritisak bočnog opstrujavanja lansera čiji je koeficijent otpora proporcionalan opstrujavanju c_y .

Ovakav natpritisak izaziva različite efekte dejstva rezultujućih sila, kao što su translatorna pomeranja i rotaciona lju-ljanja u momentu udara, izazvana momentima oko tačaka oslanjanja podsklopova i celog samohodnog lansera.

Dejstvo sila i momenata i uslovi stabilnosti samohodnog lansera usled impulsnog natpritiska

Stabilnost lansera na navedene efekte pomeranja pri dejstvu sile natpritiska P , bočno na lanser, može se izraziti izrazima kojima se definiše ravnoteža sila u dva ortogonalna pravca (slika 5) i obezbeđuje proračun sigurnosti od prevrtanja,

ali ne i sigurnosti od aktiviranja raketne municije. Ti izrazi glase [4, 6]:

$$P - (T_1 + T_2) = 0 \quad (8)$$

$$T_1 + T_2 = f(Q + G) \quad (9)$$

gde su:

$Q = \Delta p_b \cdot A_G$ – rezultujuća sila natpritiska udarnog talasa sa gornje strane vozila na gornju površinu lansera A_G ,
 G – sila težine punog lansera,
 P – bočna rezultujuća sila izazvana eksplozijom čija je vrednost

$$P = c_y \cdot \frac{2,5 \Delta p_b^2}{\Delta p_b + 709205} \cdot A_b, [\text{Pa}] \quad (10)$$

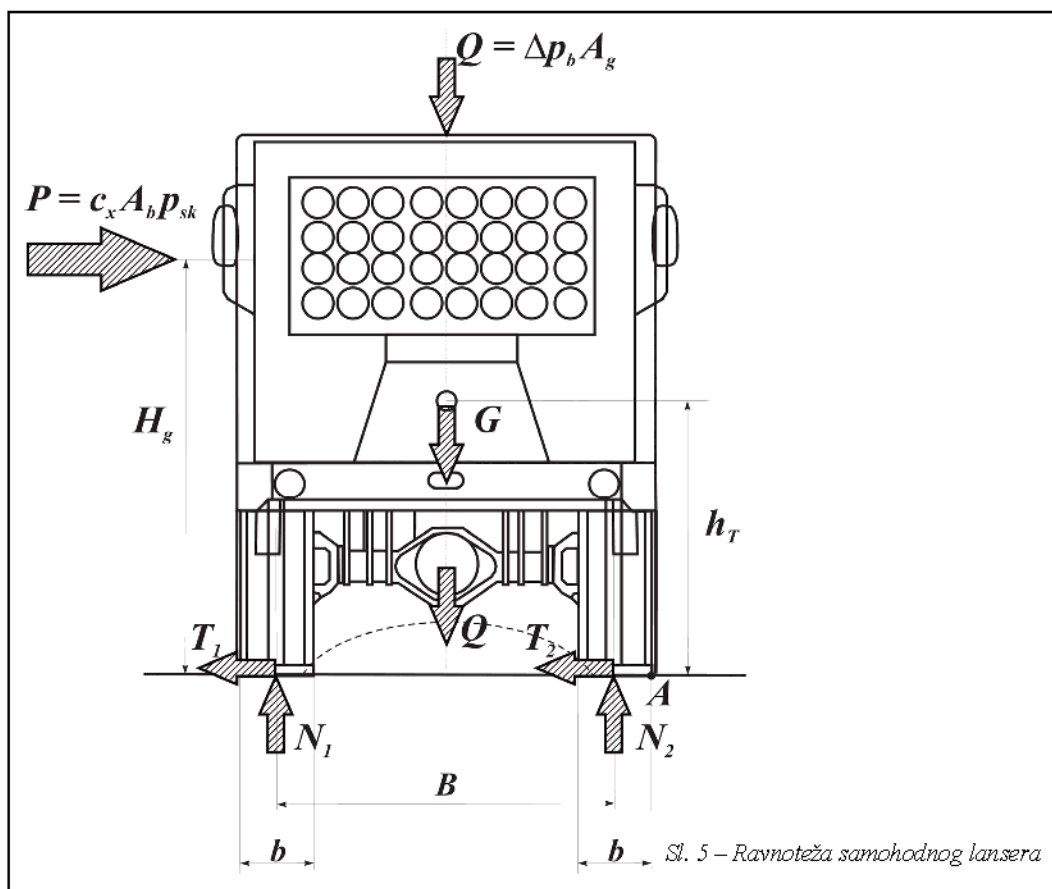
f – koeficijent trenja oslanjanja samohodnog lansera pri mirovanju ili kotrljanja pri kretanju.

Rešenjem jednačina (8), (9) i (10) dobija se izraz:

$$c_y \cdot \frac{2,5 \Delta p_b^2}{\Delta p_b + 709205} \cdot A_b = f \cdot (\Delta p_b \cdot A_G + G) \quad (11)$$

koji predstavlja silu koja izaziva bočno translatorno kretanje (proklizavanje), iz koje se može odrediti granični intenzitet udarnog talasa Δp_b , koji bi doveo do bočnog pomeranja ili prevrtanja lansera u toku dejstva eksplozije.

Da bi se utvrdilo pitanje proklizavanja ili prevrtanja bilo bi potrebno poznavati centar dejstva natpritiska u odnosu na horizontalnu ravan oslanjanja. Pošto to nije predmet ovog rada, stabilnost od prevrtanja neće biti tretirana, već se samo pominje kao fenomen za dalju analizu borbene žilavosti.



Pri tome se usvaja koeficijent otpora na dejstvo udarnog talasa $c_y \cong 1,2$ za profil prostornog paralelograma siluete samohodnog vozila [4], dok se kao površina A_b usvaja bočna silueta lansera.

Navedena analiza odnosi se na uslove translatornog pomeranja pod dejstvom ravnomerno raspoređene sile natpritiska.

Poseban uslov stabilnosti u odnosu na prevrtanje, kao što je napomenuto, zahteva poznavanje centra dejstva natpritiska. Ukoliko je položaj visine rezultujućeg natpritiska približno poznat i iznosi H_g , uslov stabilnosti od prevrtanja može se napisati u obliku sume momenata oko jedne uzdužne linije oslanjanja lansera na tlu (tačka A – slika 5):

$$c_y \cdot \frac{2,5 \Delta p_b^2}{\Delta p_b + 709205} A_b \cdot H_g -$$

$$-(\Delta p_b \cdot A_g + G) \frac{B+b}{2} = 0 \quad (12)$$

Zaključak

Sprovedena analiza može se koristiti u preliminarnoj oceni stabilnosti samohodnog lansera, ali ne i za detaljniju studiju borbene žilavosti. Prevashodni cilj ovog rada jeste da utvrdi približan fizički karakter i oceni amplitudno-frekventni karakter borbenih pobuda kojima su izloženi sredstvo i municija, a za koje ne po-

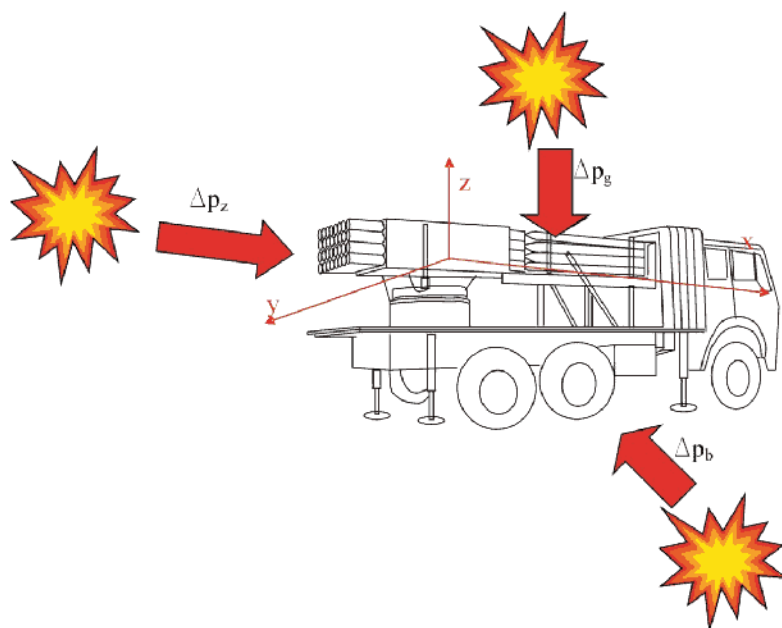
stoje adekvatne prototipske i konstruktorske simulacije. Cilj je, dakle, da se preduzmu projektno-istraživačke mere koje bi sprečile neželjene efekte borbenih dinamičkih opterećenja. Kao što je iz prethodnog modeliranja uočeno, suština dinamičkih opterećenja municije iz sastava reaktivne artiljerije najčešće je vezana za profile udarnih opterećenja udarnih talasa različitog porekla. Pokazuje se da prostiranje udarnog talasa i njegovo primarno dejstvo podležu sličnim eksponencijalnim funkcijama, kao i dejstvo udara gasova rakete ili trzaja pri aktivno-reaktivnom lansiranju. Dakle, postoji osnova za jedinstveni tretman problema, sa aspekta preliminarne simulacije, za jedinstveno rešenje prigušenja i apsorbovanja udara i jedinstveni tretman opasnosti u vidu standardizacije bezbednosnih tehničko-tehnoloških rešenja.

Ponašanje vozila pri dejstvu spoljašnjih sila samo je deo tretmana navedenih problema. Uslovi dinamičkog opterećenja i stabilnost lansera pri opaljenju primarni su konstruktorski zadatak za projektovanje svakog artiljerijskog oruđa sa aspekta mehanike balističkih sistema. Uslov borbene žilavosti pri dejstvu kontrabatiranja je strog kriterijum za stabilnost samohodnog lansiranog oruđa sa aspekta intenziteta dinamičkih sila. U vojnim krugovima uobičajeno je mišlje-

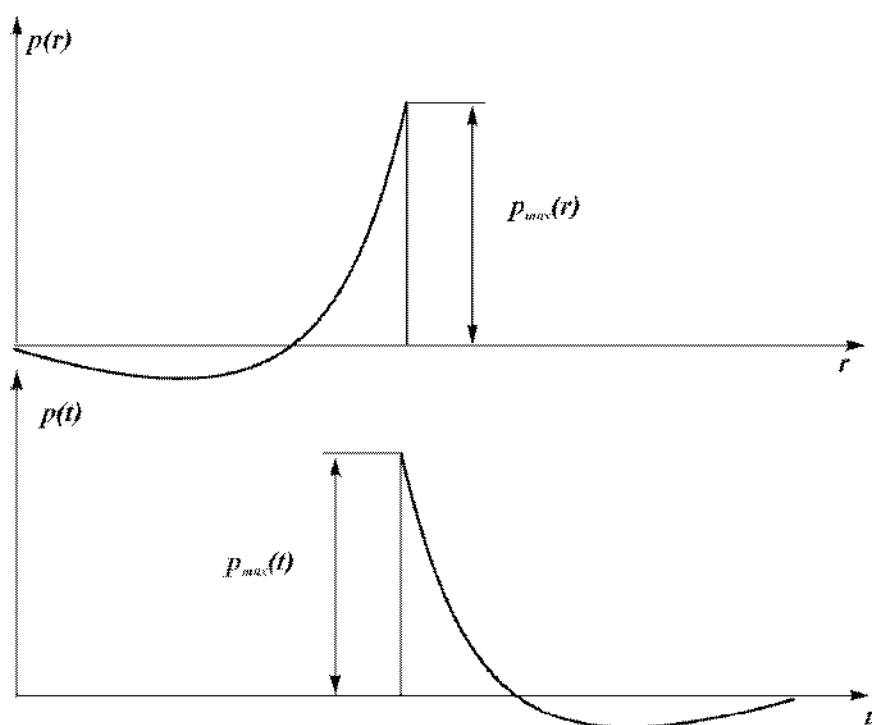
nje da se pogodena ili približno pogodena oruđa u borbi mogu otpisati, pa odatle sledi da tretman dinamičkih sila nastalih okolnom eksplozijom ne treba razmatrati u fazi projektovanja. Ipak, savremena konstrukcijska rešenja oruđa zbog povećane preciznosti i zahteva za smanjenjem mase sve manje svojom robustnošću rešavaju problem borbenih opterećenja. Dakle, nameće se zaključak da je lanser sa veoma skupom i preciznom municijom u uslovima dejstva na borbenom položaju osetljiviji, pa tretman ispitivanja municije na udarna opterećenja usled dejstva eksplozije dobija na značaju. Slično je i pitanje prenošenja detonacije u skladištima i pokretnim logističkim stanicama, gde se vrši stokiranje ili priprema municijskih pakovanja za upotrebu na vatrenom položaju.

Literatura:

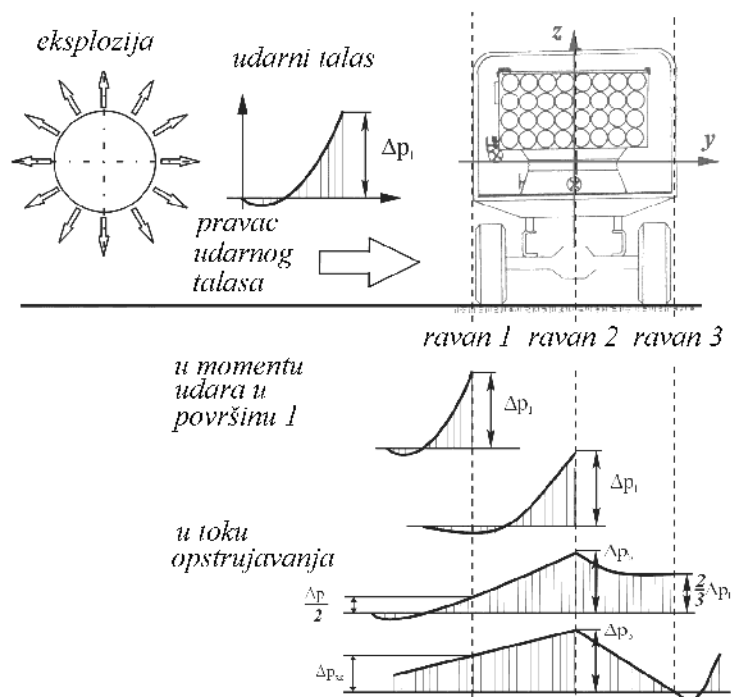
- [1] Kari, A., Milinović, M.: Modeliranje kriterijuma borbene žilavosti višecernog lansera pod dejstvom impulsne pobude eksplozije, OTEH 2005, Beograd 2005.
- [2] Orlenko, L. P.: Fizika vzriva, Fizmatlit, Moskva, 2002.
- [3] Jeremić, R.: Eksplozivni procesi, GŠ VJ Uprava za ŠiO VA, Beograd 2002.
- [4] Milinović, M.: Osnovi projektovanja raketa i lansera, Poglavlja iz projektovanja lansera, Mašinski fakultet Beograd, 2002.
- [5] Karaštin, V. M., Katkov A. G., Rodčenko, V. V.: Osnovi proektirovanija sistem nazemnogo obespečenija, MAI, Moskva, 1998.
- [6] Malikov, V. G.: Komisarik, S. F., Korotkov, D. M.: Nazemnoe oborudovanie raket, Voennoe izdatelstvo ministerstva oboroni SSSR, Moskva, 1971.



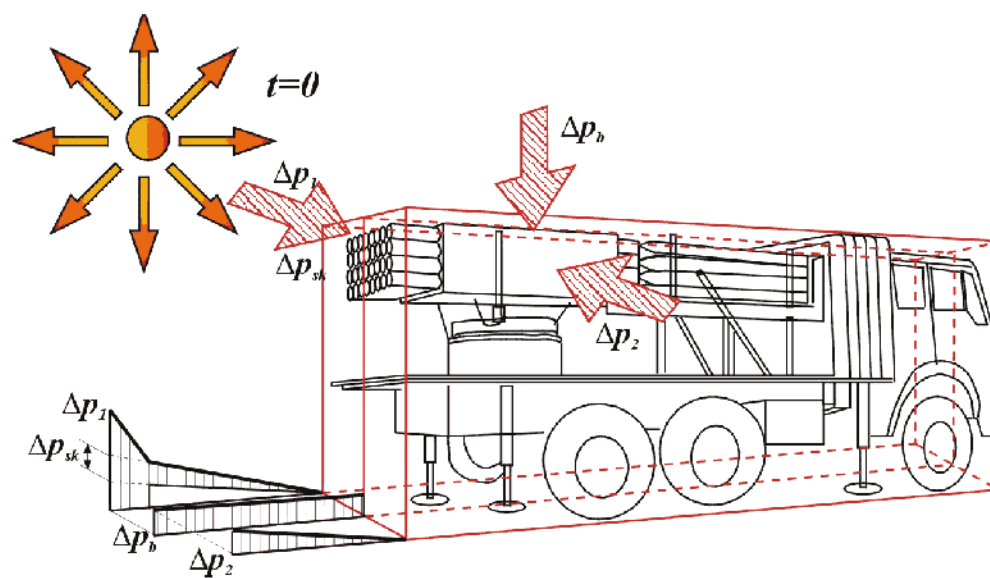
Sl. 1 – Fizički model pravca dejstva udarnog talasa na lanšer



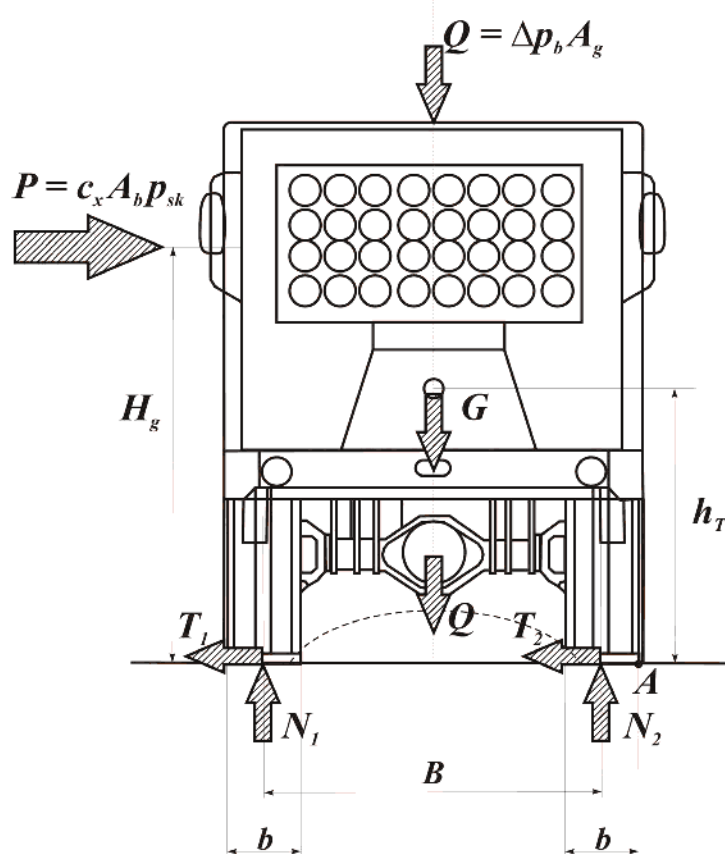
Sl. 2 – Promena pritiska udarnog talasa



Sl. 3 – Faze dejstva eksplozije na lanser



Sl. 4 – Raspodela opterećenja lanšera usled nadzemne eksplozije



Sl. 5 – Ravnoteža samohodnog lanšera

Dr Radiša Stefanović,
pukovnik, dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd

OSNOVNE KARAKTERISTIKE MOBILNIH SISTEMA TREĆE GENERACIJE I TRENDovi DALJEG RAZVOJA

UDC: 621.395.721.5

Rezime:

U radu su prikazane osnovne karakteristike treće generacije mobilne telefonije, kao i pregled servisa koji su dostupni u telekomunikacionoj mreži ove generacije. Izloženi su i zahtevi za razvoj četvrte generacije mobilne telefonije, kao i očekivani servisi. Buduće širokopoljne mreže će pomoću odgovarajućih mrežnih protokola i algoritama udovoljiti promenljivim zahtevima korisnika.

Ključne reči: mobilni telefon, telekomunikaciona mreža, multimedijalne komunikacije.

BASIC CHARACTERISTICS OF THE THIRD GENERATION MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS AND DEVELOPMENT TRENDS

Summary:

The basic characteristics of the third generation mobile telephony are presented as well as the summary of accessible services on 3G telecommunication networks. The development requests for the fourth generation mobile telephony and anticipated services are also given. The future wide bandwidth networks supported by adequate network protocols and algorithms will respond to varying user requests.

Key words: mobile phone, telecommunication network, multimedia communications.

Uvod

Mobilni telefon postao je sredstvo svakodnevnice komunikacije velikog broja ljudi. Njegova uloga je mnogo veća od samog komuniciranja, jer približava čoveka novom informacionom društvu.

Razvoj mobilne telefonije započeo je četrdesetih godina XX veka, ali je tekao veoma sporo zbog nerazvijene tehnologije, nedostatka državne regulative i slabog interesovanja potencijalnih korisnika. Brzi razvoj započeo je posle pronalaska jeftinih mikroprocesora. Neki proizvođači telekomunikacione opreme (npr. Bell System), vrlo sporo i sa oklevanjem prihvatili su bežične tehnologije.

Najpre su izrađeni mobilni telefoni prilično velikih dimenzija (smešteni u kofer, ugrađeni u automobil i slično). Prvi ručni mobilni telefon proizveli su „Motorolini“ stručnjaci 1973. godine, predvođeni dr Martinom Kuperom.

U Evropi je prvi ćelijski sistem uveden 1981. godine. Tada je u Danskoj, Švedskoj, Finskoj i Norveškoj počeo sa radom NMT450 (*Nordic Mobile Telephone System*) u opsegu 450 MHz. To je bio prvi multinacionalni sistem. Već 1985. godine je u Velikoj Britaniji pokrenut TACS (*Total Access Communications System*) na 900 MHz. Kasnije su i drugi sistemi ušli u upotrebu: u SR Nemačkoj C-Netz, u Francuskoj Radiocom

2000, u Italiji RTMI/RTMS. Tako je u Evropi stvoreno devet analognih nekompatibilnih radio-telefonskih sistema. U Sjedinjenim Američkim Državama je 1979. godine probno pušten u rad, a komercijalno od 1983. godine, sistem AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*). Kod navedenog analognog sistema prve generacije nije postojao problem nekompatibilnosti, kao ni prelaska iz jednog u drugi grad u različitim državama. Postojeći sistem je dobro radio i nije se težilo uspostavljanju boljeg, digitalnog sistema.

U Evropi je bio problem da se realizuje veliki broj servisa na velikom broju frekvencija. To je samo jedan od razloga zbog kojih je analogni sistem mobilne telefonije, poznat i kao mobilni sistem prve generacije, prevaziđen. Razvijena je nova tehnologija, takođe ćelijska, ali digitalna – mobilna telefonija druge generacije ili globalni sistem mobilnih telekomunikacija (GSM – *Global System for Mobile Communications*).

Firma „Texas Instruments“ je 1985. godine počela sa proizvodnjom procesora digitalnih signala (DSP), koji su omogućili komprimovanje govora, zahvaljujući čemu je veći broj poziva mogao da stane u jedan radio-kanal. To je bio jedan od osnovnih uslova za kasnije digitalne sisteme, kao što su GSM uz primenu multipleksa sa vremenskom raspodelom kanala TDMA (*Time division multiple access*).

Za razliku od prve generacije koja se, uglavnom, bazira na prenosu govora, GSM je dodatno omogućavao još i multitonsku signalizaciju, kratke pisane poruke (SMS – *Short Message Service*), gla-

sovne poruke (voice mail) i faksimil poruke (fax mail). Dodatni servisi obuhvataju i prosleđivanje poziva (na drugi broj), blokiranje dolaznih ili odlaznih poziva, poziv na čekanju, konferencijsku vezu, identifikaciju poziva, te zatvorene korisničke grupe. Vremenom se pokazalo da je u ovom sistemu komunikacija relativno skupa, te da korišćenje mreže nije ekonomično. Zato se prelazi na sistem komutacije paketa.

Kod paketske komutacije koristi se princip „uskladišti pa prosledi“. Ona se koristi u mrežama tzv. 2,5 generacije (2,5G) i pogodna je za prenos podataka. Poruke se dele na manje celine – pakete koji se prenose između krajnjih korisnika. U međučvorovima paketi se memorišu, a kada se neki put oslobodi šalju se dalje. Spojni putevi koriste se samo onoliko koliko je potrebno da se prenese poruka.

Paketska komutacija koristi se u tehnologijama koje su nastale unapređivanjem GSM-a, radi boljeg prenosa podataka, kao što su GPRS (*General Packet Radio Service*) i unapređeni prenos podataka EDGE (*Enhanced Data rates for Global Evolution*).

GPRS omogućava slanje i primanje informacija mobilnom mrežom uz nekoliko novih mogućnosti:

- velika brzina prenosa podataka (do 53,6 kb/s),
- kraće vreme za konekciju i stalni pristup internetu,
- korišćenje potpuno novih aplikacija,
- povoljnija naplata usluge prenosa podataka, zasnovana na količini prenetih podataka, a ne na vremenu provedenom na vezi sa internetom, i

– mogućnost primanja poziva i u toku pregledanja internet sadržaja.

Uvođenjem EDGE u GSM protoci su povećani novim tehnikama modulacije i metodama prenosa otpornijim na greške. EDGE može preneti tri puta veći broj bita nego GPRS u istom periodu. Obično se za EDGE vezuje protok od 384 kb/s. U Srbiji je ova tehnologija uvedena krajem 2003. godine.

Principi rada i servisi treće generacije

Mobilni sistemi treće generacije trenutno predstavljaju jednu od ključnih telekomunikacionih tehnologija u pogledu istraživanja, razvoja i internacionalne standardizacije.

Međunarodna unija za telekomunikacije (ITU – *Internacional Telecommunication Union*) 2000. godine usvojila je svetski standard za sve mobilne telekomunikacije pod nazivom IMT-2000 (*Internacional Mobile Telecommunications*). Ovim standardom definišu se zahtevi koje treba ispoštovati radi objedinjavanja kopnenih, satelitskih, fiksnih i mobilnih sistema, koji su trenutno u upotrebi ili u procesu razvoja. Navedeni standard je obavezujući i za treću generaciju (3G) mobilnih sistema. Međunarodna unija je za 3G predvidela frekvencijske opsege od 1885 do 2025 GHz, te od 2110 do 2200 GHz. Prva zemlja gde je IMT-2000 pušten u komercijalnu upotrebu je Japan (oktobra 2001. godine), kroz servis nazvan FOMA (*Freedom of Mobile Multimedia Access*). On je zasnovan na W-CDMA (*wideband code-division multiple access*) tehnologiji bežičnog pristupa,

koja je usvojena kao jedan od globalnih standarda.

U Evropi se primena ovog standarda usvaja 1997. godine, nakon UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) foruma [1].

Sistem UMTS je sistem mobilnih telekomunikacija koji nudi značajne pogodnosti korisnicima, uključujući bežične multimedijalne servise visokog kvaliteta u mrežama sa konvergencom fiksnih, ćelijskih i satelitskih komponenti. Dostavljaće informacije direktno korisnicima i obezbediće im pristup novim servisima i aplikacijama. Ponudiće masovnom tržištu mobilne personalizovane komunikacije, bez obzira na mesto, mrežu i korišćeni terminal [2].

UMTS je naslednik sistema GSM i predstavlja prelazak na treću generaciju mobilnih mreža. Nastao je kao odgovor na sve veće potrebe mobilnih i internet aplikacija za kapacitetom. Ovaj sistem povećava brzinu prenosa na 2 Mb/s po korisniku i uspostavlja standard za globalni roving.

Sistemi treće generacije treba da obezbede bežični pristup globalnoj telekomunikacionoj infrastrukturi i da omoguće širok spektar integrisanih servisa govora, podataka, slike i video sadržaja. Ovi sistemi integrišuće trenutno odvojene svetove mobilnih i fiksnih servisa u moćno sredstvo za neograničenu multimedijalnu komunikaciju.

Sistemi 3G treba da udovolje zahtevima korisnika za:

- većim kapacitetom sistema,
- većom brzinom prenosa podataka,
- širokopojasnošću i multimedijalnošću,

- mogućnošću personalne komunikacije bilo koje vrste, u bilo koje vreme i sa bilo kog mesta i

- terminalom koji će podržavati sve potrebne usluge – to mora da bude personalni komunikator, koji će funkcionisati kao: telefon, kompjuter, televizor, pejdžer, video konferencijski centar, pisani medijum, čak i kao kreditna kartica.

Sistem UMTS imaće zemaljske i satelitske komponente, koje će omogućavati pristup servisima u veoma širokom opsegu radio-okruženja, od megaćelija (satelit), preko makro, mini, mikro do pikoćelija. U vezi s tim, UMTS mora da ponudi univerzalnu pokrivenost, tj. mora da ima kapacitet za povezivanje velikih geografskih područja (minimalno područje je npr. Evropa, a potencijalno ceo svet). Univerzalnost, takođe, ukazuje na dostupnost UMTS servisa u različitim okruženjima (ruralno, urbano, poslovni prostor, itd.). Prema tome, u ovim budućim komunikacionim sistemima terminal mora automatski da prilagodi svoje tehničke karakteristike (uključujući brzinu prenosa, tip modulacije i snagu) prema zatečenim uslovima u različitim radnim scenarijima i prema zahtevanom servisu.

Osnovni ciljevi koji se postavljaju pred sisteme 3G su:

- globalni roving kroz različite mobilne mreže (kompatibilnost sa postojećim mrežama),

- velika brzina prenosa podataka, i to: 384 kb/s ili 144 kb/s za brže ili sporije mobilne korisnike na otvorenom prostoru „outdoor“ i 2 Mb/s za mobilne korisnike u zatvorenom prostoru „indoor“ (prenos podataka kroz mobilne 3G mreže treba da bude bar jednak mogućnostima koje pružaju fiksne mreže),

- mogućnost da se podrži brza veza sa internetom i IP (*Internet Protocol*) mrežama,

- mogućnost da se podrži kako simetričan, tako i asimetričan prenos kod aplikacija kao što je internet i multimedijalne komunikacije,

- obezbeđivanje visokog nivoa sigurnosti pri prenosu informacija, i

- otvorena arhitektura koja će omogućiti lako uvođenje daljih tehnoloških inovacija i kompatibilnost opreme.

Uvođenje UMTS suočava se sa važnim izazovom zbog postojanja GSM mreže sa velikim pokrivanjem, kapacitetom i jeftinim terminalima. Nastavljeno je sa mogućnošću nadgradnje u smislu prethodnog uvođenja brzog prikupljanja podataka (HSCSD – *High Speed Circuit Switched Data*), opšteg radio-servisa baziranog na paketskoj komutaciji (GPRS – *General Packet Radio Service*) i unapređenog protoka podataka (EDGE – *Enhanced Data rates for GSM Evolution*). To je razlog zbog kojeg razvoj UMTS u prvoj fazi mora da se izvede progresivno, korišćenjem jezgra postojeće GSM mreže, što je više moguće, uz modifikacije koje ne zahtevaju velike investicije operatera. Verovatno će početne tačke u razvoju UMTS biti one oblasti u kojima je došlo do zasićenja GSM mreže i gde se traže napredni servisi sa velikim brzinama prenosa podataka koje GSM ne može da obezbedi. Ovaj razvoj biće olakšan ako bude omogućen postepen prelaz između GSM i UMTS servisa i ako su na raspolaganju GSM/UMTS terminali sa dual-modom.

Kao posledica ovoga, UMTS će biti izgrađen na GSM strukturi korišćenjem

postojećeg protokola za pristup mediju (MAP – *Media Access Protocol*), pa će tako podržavati GSM strukturu, obezbeđujući na taj način postepenu nadogradnju GSM i kompatibilnost sa prethodnim verzijama.

Isplativa evolucija zahteva zadržavanje što većeg dela osnovne mreže. Terminali sa više modova obezbediće pristup pogodan za korisnike.

Radio-interfejs i arhitektura

Radio-interfejs koji je predviđen za korišćenje kod UMTS nazvan je UTRA (*UMTS Terrestrial Radio Access*), a odgovarajuća mreža UTRAN (*UTRA Network*). Radio-mreža projektuje se da omogući rad u dupleksu sa vremenskom raspodelom (TDD – *Time Division Duplex*), kao i rad u dupleksu sa frekvencijskom raspodelom (FDD – *Frequency Division Duplex*).

Zemaljski radio-interfejs UMTS trebalo bi da podržava veći opseg maksimalnih korisničkih bitskih brzina, u skladu sa trenutnim okruženjem korisnika, na sledeći način:

- seosko područje, otvoreni prostor, dostupnost na celom servisnom području operatera, sa mogućnošću korišćenja velikih ćelija: najmanje 144 kb/s, sa mogućnošću podizanja na 384 kb/s, i to pri maksimalnoj brzini mobilnog korisnika od 500 km/h;

- prigradsko područje, otvoreni prostor, kompletna pokrivenost prigradskog ili gradskog područja, sa korišćenjem manjih makroćelija ili mikroćelija, najmanje 384 kb/s (u perspektivi je podizanje na 512 kb/s), pri maksimalnoj brzini od 120 km/h;

- zatvoreni prostor, manja rastojanja na otvorenom, dostupnost u zatvorenom prostoru i lokalizovana pokrivenost na otvorenom, najmanje 2 Mb/s pri maksimalnoj brzini od 10 km/h.

Za sisteme treće generacije u Evropi izabrana je tehnologija širokopojasnog multipleksa sa kodnom raspodelom kanala (WCDMA – *Wideband Code Division Multiple Access*). Ova tehnologija omogućava širokopojasni digitalni radio-prenos: interneta, multimedijalnih, video i ostalih aplikacija. Suština je da se sadržaj (glas, slika, podaci ili video zapis) najpre konvertuje u uskopojasni digitalni radio-signal, a zatim mu se dodeljuje kod, koji će ga razlikovati od signala drugih korisnika.

Arhitekturu UMTS sistema čine dva osnovna segmenta:

- pristupna radio-mreža, nazvana UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*), i

- osnovno jezgro mreže (infrastruktura za komutaciju i prenos podataka).

Osnovno jezgro mreže čine dva domena:

- kanalnokomutirani domen, u čijem je središtu mobilni komutacioni centar (MSC – *Mobile Switched Centre*), i

- paketsko komutirani domen, kojem su središta pristupni putevi pomoćnom čvorištu (GGSN – *Gateway GPRS Support Node*) i uslužna pomoćna čvorišta (SGSN – *Serving GPRS Support Node*).

Ova dva domena su zasnovana na dve razdvojene i paralelne mreže:

- prva mreža je zasnovana na integrisanom sistemu digitalnih mreža (ISDN-u – *Integrated Services Digital Network*) i u osnovi je izvedena iz saobraćaja koji se odnosi na govorne informacije,

– druga mreža je zasnovana na tehnologijama koje potiču od IP-a i saobraćaja podataka.

Obe mreže vezane su na pristupnu radio-mrežu UTRAN odgovarajućim interfejsima. Treba istaći da je kanalno komutirani deo mreže UMTS-a direktno proizašao iz standardne GSM mrežne infrastrukture, a da je deo UMTS-a za paketsku komutaciju proizašao iz infrastrukture upotrebljene za uvođenje GPRS-a u GSM mrežu.

Mobilni terminali treće generacije

Mobilni telefoni prve i druge generacije su terminali specijalizovani za prenos govora i predstavljaju najrasprostranjeniju grupu aparata. Mobilni terminali rane treće generacije biće dual-modni (multimodni). To znači da će moći da pristupaju sistemima 2G i da koriste postojeće usluge, kao i novije usluge koje će biti dostupne samo kod operatora koji su nadogradili svoje mreže, tj. uveli UMTS sistem.

Mobilni terminali 3G-a sa WCDMA tehnologijom svrstavaće se u jednu od sledeće tri klase, prema brzinama prenosa koje podržavaju: mobilni terminali prve klase (brzina prenosa do 144 kbit/s), druge klase (brzina prenosa do 384 kbit/s) i treće klase (brzina prenosa do 2,048 Mbit/s).

Mobilni telefoni 3G su u komercijalnoj upotrebi i prodaji, ali na određeni način su još u fazi testiranja i potvrde kvaliteta. Ovim aparatom može se direktno preuzeti video materijal sa mreže.

Za ove aparate je karakteristično da nije izostala podrška za GSM-GPRS mre-

žu. Naravno da aparat, kada radi na toj mreži, ima manji protok (oko 60 kb/s).

Neki aparati iz ove klase imaju podršku i za EDGE, čija bi brzina prenosa od oko 180 kb/s (do 240 kb/s) bila sasvim dovoljna za ostvarivanje video konferencije.



Sl. 1 – Mobilni telefon 3G

Pri radu na UMTS mreži brzina slanja podataka ka baznoj stanici (*uplink* – 64 Kb/s) manja je od brzine preuzimanja podataka od bazne stanice (*downlink* – kod nekih aparata 384 Kb/s).

Ovi protoci obezbeđuju mogućnost da se prenese slika uživo i mogućnost videotelefonije, tj. razgovor u toku kojeg se sagovornici mogu videti na displeju telefona. Da bi se to ostvarilo, na telefonu postoje dve digitalne kamere. Jedna kamera nalazi se sa prednje strane displeja, dok je druga smeštena na poledini odmah iza nje. Omogućeno je lako prebacivanje snimaka sa jedne kamere na drugu,

u zavisnosti od toga da li korisnik snima sebe pri video konferenciji ili želi na displeju da prati kadar snimka koji pravi kamerom na poleđini. U zavisnosti od mreže u kojoj rade, potrošnja baterija varira. Energetski najzahtevniji je UMTS, a najmanje je zahtevna GSM.

Aparati ove klase podržavaju i paketsku komutaciju i komutaciju kola. Pri radu u UMTS aparat se uvek nalazi konektovan na internet. Nezavisno od vremena konektovanja, korisnik plaća samo onoliko koliko je preuzeo (primio) informacija sa interneta. Aparat dozvoljava korisnicima da istovremeno koriste više servisa. Na primer, korisnik može da šalje fotografiju putem MMS (*Multimedia message service*) poruke ili da igra on-line igru, dok istovremeno razgovara telefonom. Sistem 3G ima mogućnost tačnog pozicioniranja. Lociranje je bazični servis, a tačnost ove informacije zavisi od toga da li se i kojom brzinom korisnik kreće i vremena koje je potrebno za pristizanje informacije.

Sve to je praćeno displejima velike rezolucije i sa standardom od 65 000 boja (16-bitni ekran). Pregledanje video zapisa vrši se brzinom od 15 slika u sekundi.

PDA (*Personal Data Asistent*) jeste varijanta koja predstavlja prelaz između mobilnog telefona i računara. Njegove dimenzije su znatno manje od standardnog računara, lako je prenosiv i ima procesor koji mu omogućava funkcije kao kod računara.

Osnovna prednost ovih uređaja je njihova dimenzija. Kod novijih modela dužina uređaja je nešto više od 10 cm, tako da sa pravom može nositi epitet ruč-

nog prenosivog računara. Mogućnost da se nosi neprimetno i da ne smeta pri njegovom transportu, daje mu prednost u odnosu na laptop računare.

Procesor je slabiji nego kod savremenih računara, ali s obzirom na namenu sasvim je dovoljan. Procesor radi na oko 400 MHz.

U nekim novijim varijantama koriste se procesori sa DVFM (*Dynamic Voltage and Frequency Managment*) tehnologijom koja omogućava da, u zavisnosti od aplikacija koje pokreće, može raditi sa minimalnim taktom od 8 MHz ili sa punih 400 MHz. Na taj način čuvaju se resursi sistema, ako je potreban istovremeni rad nekoliko aplikacija. To smanjuje potrošnju energije, što je kod prenosnih uređaja veoma bitno. Memorija je relativno velika i sa podrškom eksterne memorijske kartice može biti i preko 1 Gb. Upravljanje sa PDA može biti otežano zbog njegovih dimenzija. Proizvođači su na nekim modelima smislili olakšanje u obliku opcije „touch-screen“, koja omogućava zadavanje naredbi pritiskanjem samog ekrana.



Sl. 2 – PDA terminal sa opcijom „touch-screen“

Ekrani PDA terminala su nešto veći nego kod mobilnih telefona. Rezolucija ekrana je velika, uz mogućnost prikaza u više boja (65 000 boja i 16-bitni ekran).



Sl. 3 – Ekran PDA terminala

Bolji modeli imaju i kameru, kojom je moguće snimati video sadržaje i fotografije.

Povezivanje ovog uređaja sa internetom moguće je posredstvom mobilnog telefona. Povezivanje sa drugim računarima obavlja se pomoću infracrvene veze ili preko univerzalnog serijskog priključka (USB – *Universal Serial Bus*). Nove tehnologije učiniće ovaj uređaj još primamljivijim i konkurentnijim.

Mobilni servisi u mreži 3G

U sledećoj tabeli je dat pregled mobilnih servisa u mrežama 3G.

Pregled mobilnih servisa u mrežama 3G

Servis	Opis	Komentar
Interaktivna multimedija	MMS (<i>Multimedia Messaging Service</i>) omogućava korisnicima da šalju mirne i pokretne slike i zvuk nezavisno od platforme (GSM, GPRS i UMTS).	Ovo neće biti ključna aplikacija, ali će dati smisao GPRS-u.
Zabava	Operatori mobilne telefonije sarađuju sa proizvođačima video igara, kao što su „Sega“, „Nintendo“ i „Sony“.	„Nokia“ predviđa da će 80% mobilnih korisnika mlađeg uzrasta koristiti mobilne igre.
Pozicioniranje	Lokacija korisnika u odnosu na druge korisnike ili zahtevanu destinaciju.	Ovo je još jedan ključni servis. Pokazao se kao jedan od važnijih servisa u novom japanskom sistemu 3G FOMA.
Mobilna trgovina (<i>M-commerce</i>)	Mogućnost korišćenja mobilne stanice kao elektronskog novčanika.	„Ericsson“ blisko sarađuje sa kompanijama Visa i Master Card, prilagođavajući njihove usluge za mobilnu upotrebu.
Transport	Mobilna stanica može se koristiti za rezervisanje avionske karte unapred.	Ovaj servis povezan je sa M-commerce.
Uređaji (<i>Machine to Machine</i>)	Automobili i kuće opremljeni su veštačkom inteligencijom. Oni mogu da komuniciraju sa vlasnicima i obezbede im važne informacije.	Mašta i zahtevi tržišta su jedina ograničenja.

Interaktivna multimedija, pored ostalih, obuhvata sledeće servise: e-mail, voice-mail, obaveštavanje, video konferencijske veze, hitnu pomoć, kalendare (provera kada je neka osoba slobodna), adrese (razmena adresara između različitih korisnika). Servisi zabave su najprofitabilniji, jer su korisnici spremni da daju velike pare za jednostavne servise, kao što je npr. slanje viceva preko SMS-a.

Neki od ovih servisa su emitovanje televizije, radija, igre, video (korisnici se pretplaćuju na video spotove iz određenih oblasti, kao što je skrivena kamera, snimci poznatih ličnosti), horoskop, vesti i vremenska prognoza.

Servisi pozicioniranja su: lociranje ljudi i objekata, praćenje vozila, određivanje mesta sa kojeg su pozvani brojevi hitnih službi, obezbeđenje i dr.

Servisi za mobilnu trgovinu su: plaćanje (mobilna stanica postaje digitalni novčanik), pristup računu u banci bilo kad i sa bilo kog mesta, konkurisanje za kredite, kupovina i prodaja akcija na berzi preko mobilne stanice, smanjenje zastoja u saobraćaju na naplatnim rampama (putarina se automatski skida sa računa), kupovina karata za koncerte, sportske događaje, itd.

Transportni servisi su: kontrola vremena stizanja (aviona, voza...), pozivanje taksija, potvrđivanje rezervacije avionske karte, direktno plaćanje na ulazu u vozilo javnog prevoza (iznos cene karte automatski se skida sa računa), izveštaji o stanju na putevima i drugo.

Prvi korak ka komunikaciji između različitih uređaja je uvođenje GPRS veze. Neki od ovih servisa su: veza sa frižiderom (korisnik vidi šta mu nedostaje od namirnica, pa pošalje e-mail najbližoj prodavnici – prvi inteligentni frižider proizveli su „Electrolux“ i „Ericsson“), kontrola brava, održavanje automobila, alarmi, nadgledanje uređaja („Coca Cola“ koristi ovaj servis u SAD da bi radnici zaduženi za snabdevanje znali da je vreme da se dopune rezerve pića u automatima za prodaju).

Povezivanje zemaljskih i satelitskih sistema

Zemaljske i satelitske mobilne komunikacije koncipirane su i razvijane kao međusobno nezavisni sistemi. Među-

tim, zbog korisničkih zahteva za maksimalnom mobilnošću i globalnim romingom već sredinom devedesetih uobličeni su koncepti povezivanja zemaljskih i satelitskih sistema.

Povezivanje zemaljskih i satelitskih sistema moguće je uraditi na više nivoa:

- geografsko povezivanje (koje podrazumeva komplementarnost),
- povezivanje uslugama (koje podrazumeva kompatibilnost),
- mrežno povezivanje,
- povezivanje opremom, i
- sistemsko povezivanje (potpuna integracija sistema).

U skoroj budućnosti neminovno će doći do potrebe povezivanja svih postojećih i budućih fiksnih i mobilnih komunikacija u jedinstveni sistem, koji će, naravno, uključivati i satelitsku komponentu. Time će se postići globalni roming i optimizacija korišćenja radio-resursa.

Trendovi daljeg razvoja

Sledeći korak u razvoju mobilnih sistema nakon treće generacije biće pojava četvrte generacije mobilnih sistema. Očekuje se da će implementacija i prodor sistema 4G na tržište dovesti do novih vidova medicinske pomoći, obrazovanja, zaštite čovekove okoline i da će uticati na mnoge druge oblasti društva.

Predviđa se primena u medicini, pri postavljanju dijagnoze iz kuće, specijalističkih pregleda i prepisivanja recepata za lekove, kao i realizovanje čitavih virtuelnih bolnica sa lekarima, koji bi radili iz svojih kuća. Hirurške zahvate biće moguće vršiti na daljinu, zahvaljujući tehnologijama prenosa slika visoke rezolucije.

To će rešiti probleme slabo naseljenih oblasti, gde je ekonomski neopravdano graditi bolnice. Znatno će se olakšati i preventivni medicinski pregledi, jer će biti moguće u ručne satove, odeću ili na druga zgodna mesta ugrađivati senzore, koji će stalno slati podatke bolnicama na analizu, dok će se rezultati i dijagnoza slati nazad.

Multimedijalno obrazovanje sa prenosom video sadržaja između udaljenih mesta i velikih gradova verovatno će uskoro biti realnost. Sa druge strane, pojednostaviće se i interfejs raznih informacionih terminala, pa će i deci i starijim ljudima biti olakšano njihovo korišćenje.

Senzori i kontrolni čipovi sa bežičnim komunikacionim funkcijama biće ugrađivani u različite objekte, biljke i životinje, što će omogućiti zaštitu ugroženih vrsta, kao i predviđanje nepogoda i prevenciju prirodnih katastrofa.

Razvoj i standardizacija ovih sistema trebalo bi da se odvijaju u narednim godinama.

Osnovni tehnološki zahtevi sistema četvrte generacije su:

- prenos velikim protocima (srednji 50–100 Mb/s, vršni protok 200 Mb/s),
- veliki kapacitet (oko 10 puta veći nego kod 3G sistema),
- podrška internetu nove generacije,
- fleksibilna mrežna arhitektura,
- korišćenje mikrotalasnog frekventijskog opsega (3 GHz do 8 GHz),
- niski sistemski troškovi (1/10 do 1/100 u odnosu na 3G sisteme) [3],
- na radio-delu sistem bi trebalo da podrži brzine prenosa podataka do 20 Mb/s,
- biće redukovana veličina ćelija, i
- razviće se odgovarajući minijaturni terminali.

Potrebno je i bitno smanjiti vreme pristupa serveru, što je problem i kod sistema treće generacije.

U četvrtoj generaciji prenose se slike čija je rezolucija 1024×1920 piksela protokom od 24 Mb/s u dva kanala. Mobilni terminali moći će da prikažu trodimenzionalne i virtuelne slike visokog kvaliteta. One će se prikazivati na displejima vezanim za glavu korisnika, obezbeđujući na taj način okruženje virtuelne realnosti. To će omogućiti roditeljima da kontrolišu svoju decu u obdaništu, naučnicima da posmatraju ponašanje divljih životinja sa bezbedne udaljenosti, itd. Najveće mogućnosti daju komunikacioni servisi gde se prenose osećaji trodimenzionalnog prostora, i to zvuk 3D, svetlost i oblasti pritiska. Time će se korisniku, kome se šalju informacije, što vernije reprodukovati situacija u kojoj se nalazi terminal koji šalje sadržaje.

Treba reći da se već u ovoj fazi pojavljuju razmišljanja i ideje o sistemima pete generacije (5G).

Zaključak

Princip „biti dostupan uvek i svuda“ postao je svakodnevica. Čak se zahteva korak dalje – razmena multimedije u realnom vremenu. Očekuje se da će mobilne komunikacije imati najveći rast u sektoru telekomunikacija i informacionih tehnologija. Broj pretplatnika širom sveta neprestano raste. Da bi se omogućilo da se mobilna multimedija dalje razvija neophodno je da se usvoji sistem IMT-2000 u svim zemljama. Potrebno je i usavršiti postojeće mreže, istraživati nove servise i razviti male i visokofunkcionalne termi-

nale. Mobilne komunikacije i mobilni multimedijalni servisi sigurno će dalje napredovati, kroz istraživanje, razvoj i standardizaciju na globalnom nivou.

Literatura:

- [1] <http://www.umts-forum.org>
- [2] Korhonen, J.: Introduction to 3G Mobile Communications, Artech House, 2003.
- [3] IEEE Communications Magazine, oktobar 2003.
- [4] Hacklin, F. T.: A 3G Convergence Strategy for Mobile Business Middleware Solutions, Royal Institute of Technology, Stockholm, Švedska 2004.
- [5] Telecommunications International, Horizon House Publications, USA, jun i oktobar 2003.
- [6] Blagojević, D., Lazović, S.: Jedno viđenje stanja i perspektive razvoja telekomunikacija u Srbiji, TELFOR 2003.
- [7] Šunjevarić, M. M.: Radiotehnika 2, Vojna akademija, Beograd 2000.
- [8] Petrović, R. Z.: Širokopolasne digitalne mreže integrisanih servisa – englesko-srpski pojmovi iz telekomunikacija, Akademska misao ETF, Beograd 2002.
- [9] <http://www.3g-generation.com>
- [10] <http://www.utran.com>

Mr Milan Kršmanović,
kapetan I klase, dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd

PRIMENA PROGRAMSKOG PAKETA MATLAB PRI SIMULACIJI RADA SISTEMA ZA PRENOS SNAGE

UDC: 62-232.1 : [004.42 : 510.6

Rezime:

Rad se odnosi na veoma savremenu problematiku primene programskog paketa MATLAB za simulaciju rada sklopova transmisije motornih vozila. Osnovni cilj je doprinos razvoju procesa projektovanja sklopova transmisije za motorna vozila putem integracije različitih metoda i postupaka, kojima se mogu obuhvatiti faktori koji određuju proces prenosa i transformacije parametara snage (obrnog momenta i ugaone brzine). Posebna pažnja posvećena je simulaciji rada glavne frikcione spojnice u slučaju polaska vozila iz mesta. U okviru toga detaljno je prikazan način formiranja simulacionog modela frikcione spojnice sa prikazom razvijenog matematičkog modela kao osnove za formiranje simulacionog modela.

Ključne reči: modeliranje, frikciona spojnica, simulacija.

MATLAB SOFTWARE APPLICATION FOR POWER TRANSMISSION SIMULATION

Summary:

This paper refers to modern problems in using the MATLAB program package for the simulation of motor vehicle transmission functions. The main goal is to contribute to the development of the process of motor vehicle transmission design by combining different methods and procedures comprising factors which determine the transmission process and the power parameters transformations (torque and angle velocity). The paper particularly focuses on the simulation of the main friction clutch during vehicle starting. The process of the simulation model design and the elaborate mathematical models which form its basis are described in detail.

Key words: modeling, friction clutch, simulation.

Uvod

Tokom poslednjih decenija sve je značajnija upotreba računara u projektovanju sistema motornog vozila, pa tako i elemenata sistema za prenos snage. U današnjoj globalnoj ekonomiji veoma važnu ulogu ima brza isporuka proizvoda na tržište. Vremenski ciklus proizvodnje može biti znatno redukovano korišćenjem kompjuterskih simulacija, pre svega smanjenjem cene proizvoda, utrošenog vremena za izradu prototipa, itd.

Zadovoljenje složenih zahteva koji se postavljaju pred sisteme vozila podrazumeva da se u procesu razvoja mora posmatrati ukupan životni ciklus, uz zadovoljenje principa i metoda *sistemskog inženjerstva* [1]. U pogledu organizacionog modela i primene savremenih tehnologija razvojni proces mora biti zasnovan na širokoj primeni računarske podrške u svim segmentima razvoja. Računarska podrška razvoju modela mora zadovoljiti, odnosno omogućiti pristup baziran na *simultanom projektovanju*. To navodi na činjeni-

cu da je potrebno razviti računarski model proizvoda, koji će zadovoljiti zahteve definisane sistemskim pristupom. Za razvoj sistema za prenos snage potrebno je obezbediti računarsku podršku za dve važne grupe zadataka:

- zadatke koji su vezani za geometrijski model – vizualizacija, provera interference, analiza naponskodeformacionih stanja, simulacija prenosnika snage, itd. i
- zadatke koji se odnose na podršku simulaciji radnih procesa komponenti sistema za prenos snage.

Druga grupa zadataka veoma je značajna i nadograđuje se na prvu, zato što obezbeđuje stvaranje uslova za podršku razvoju sistema za upravljanje prenosnicima snage, kao i mogućnost virtualnih ispitivanja. Za prvu grupu zadataka koriste se razvojni alati koji su zasnovani na savremenim CAD paketima (CATIA, ProEngineer, Ansys, itd.), dok se za simulaciju fizičkih procesa koriste softverski alati bazirani na višim programskim jezicima za rešavanje konkretnih zadataka. Jedan od najviše primenjivanih softvera ovog tipa je MATLAB koji omogućava simulaciju različitih procesa u raznim oblastima.

Imajući tu činjenicu u vidu, u radu je razvijen simulacioni model radnog procesa u glavnoj frikcionoj spojnici motornog vozila, što predstavlja osnovni cilj.

Modeliranje mehaničkih sistema u programskom okruženju MATLAB

Programski paket MATLAB namenjen je za podršku razvoju u velikom broju oblasti tehnike. Tehnički sistem može se modelirati definisanjem matematičkog

modela u okviru programskog jezika MATLAB koji poseduje veliki broj tzv. Toolboxova u kojima su razvijene funkcije koje podržavaju rešavanje zadataka u određenoj oblasti. Drugi način je da se sistem modelira u okviru grafičkog okruženja *Simulink* [2], pomoću kojeg je moguće na lak i jednostavan način definisati simulacioni model. Na taj način omogućava se analiza modela i brza promena njegovih karakteristika i dobijanje odziva. Simulink model praktično se zasniva na grafičkom implementiranju matematičkog modela, tako da se model prevodi u MATLAB program koji se izvršava kao kod definisanja modela programiranjem.

Ovakav način nije pogodan za razvoj modela mehaničkih sistema, tako da je razvijen podmodul *SimMechanics* koji podržava razvoj mehaničkih sistema preko mehaničkih komponentata. Unutar ovog modula mehaničke komponente se opisuju preko tzv. tela, koja simbolizuju delove mehaničkog sistema i veza između tela. Tela se opisuju koordinatama težišta (centra mase), masom i tenzorom inercije. Veze ograničavaju broj stepeni slobode kretanja tela i na taj način obezbeđuju pravilno funkcionisanje mehaničkog sistema. Pored veza mogu biti definisani i drugi tipovi ograničenja. Veza „mehaničkog“ i klasičnog Simulink okruženja (slika 1) ostvaruje se preko davača (merenje određene veličine) i pobuđivača (zadavanje određene veličine). To znači da se ulaznim veličinama, koje su predstavljene Simulink signalima i predstavljaju određenu matematičku funkciju, preko pobuđivača daje fizički smisao i određuje fizička veličina (ugaona brzina, ubrzanje, moment, sila...). Rezultati si-

mulacije formiranog mehaničkog modela mere se pomoću davača i kao Simulink signali (određene matematičke funkcije) predstavljaju izlaz iz sistema i mogu biti predstavljeni na odgovarajući način. Grafičko okruženje Simulink, sem omogućavanja definisanja ulaza i izlaza, ima mogućnost definisanja početnih uslova simulacije (IC – Initial conditions).

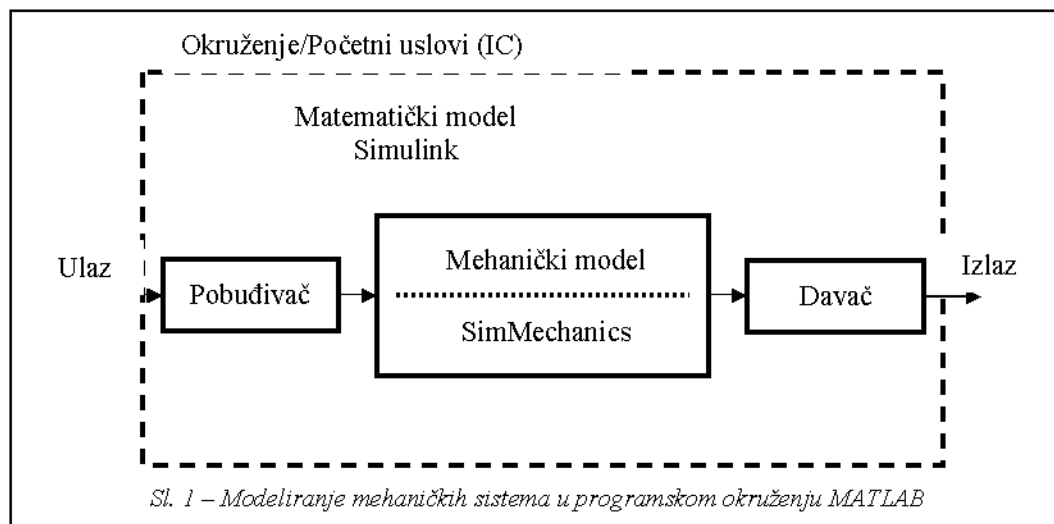
Dakle, Simulink model predstavlja matematiku kretanja mehaničkog sistema, tj. algebarske i diferencijalne jednačine koje predviđaju buduće stanje mehaničkog sistema na osnovu sadašnjeg stanja. Nasuprot tome, SimMechanics model predstavlja strukturu mehaničkog sistema, geometrijske i kinematske odnose njegovih delova. SimMechanics pretvara ovaj strukturni prikaz u ekvivalentni matematički model.

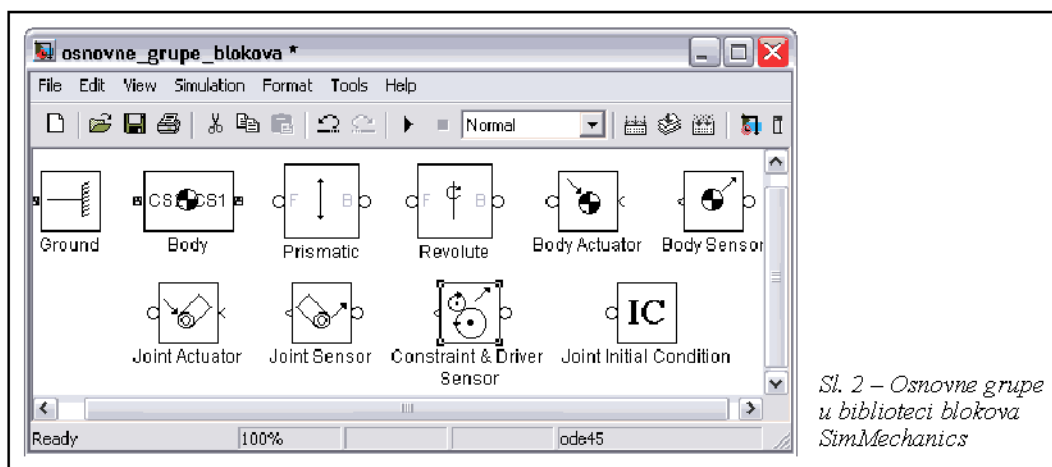
Prethodno opisano modeliranje mehaničkih sistema vrši se pomoću različitih blokova koji su smešteni u SimMechanics biblioteku (slika 2) i razvrstani su u četiri osnovne grupe: Body, Joint, Constraint, Actuator i Sensor grupe blokova. Kreiranje modela vrši se tako što

se željeni blok iz biblioteke blokova jednostavno prenese u novootvoreni model u kojem se dalje vrši odgovarajuće povezivanje blokova. Veze između SimMechanics blokova su pune linije koje predstavljaju fizičke veze i relacije između tela, za razliku od linija u Simulinku koje služe za prenošenje određenih signala. SimMechanics veze ostvaruju se preko različitih portova koji su definisani na blokovima.

Na blokovima *Body* i *ground* ti portovi su u obliku kvadratića (slika 2) i pozicija na telu im je tačno definisana lokalnim koordinatnim sistemom.

Druga vrsta portova su tzv. portovi opšte namene koji se pojavljuju na svim ostalim blokovima u obliku kružića (slika 2), koji biva popunjen kada se blokovi povežu. Na *Actuator* i *Sensor* blokovima se, pored pomenutih, mogu videti klasični Simulink portovi u obliku strelice preko kojih se ostvaruje ranije objašnjena interakcija između Simulinka i SimMechanicsa (merenje određene veličine i zadanje određene veličine).



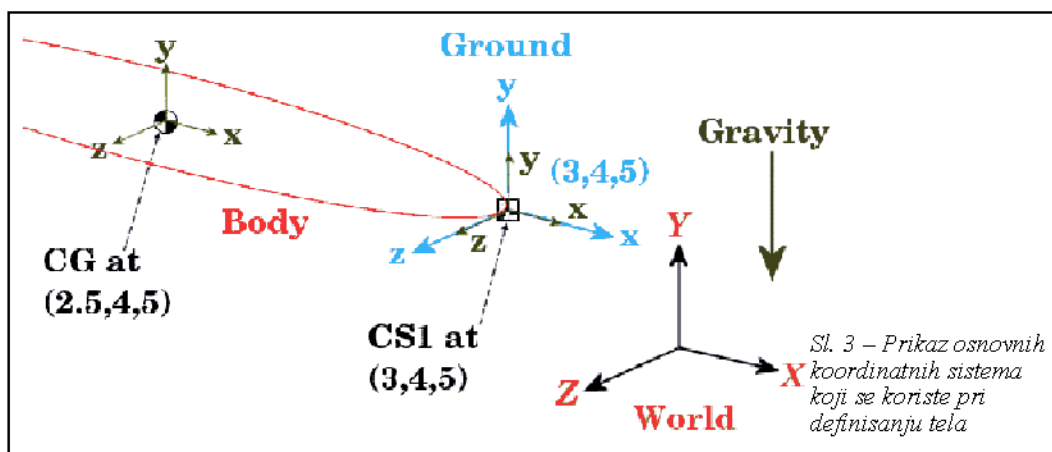


Sl. 2 – Osnovne grupe u biblioteci blokova SimMechanics

BODY blokovi (tela) predstavljaju mehaničke komponente sistema i imaju određenu masu, momente inercije, kao i definisan položaj u odnosu na izabrani koordinatni sistem. U ovu grupu spada i blok *ground* koji je telo bez mase i predstavlja fiksirano okruženje ili oslonac. Svaki formirani simulacioni model mora imati bar jedan ovakav blok, jer se onda u odnosu na njega određuje stepen slobode kretanja koji sistem ima u odnosu na okruženje. Blok *ground* ima jedan element za vezu (*Connector Port*), kojim se izabranom vezom povezuje sa drugim elementima modela.

SimMechanics sadrži jedan interni koordinatni sistem i referentnu ravan koji se naziva WORLD koordinatni sistem (slika 3). Koordinate *ground* bloka mogu biti pomerene u odnosu na referentni, ali im je orijentisanost uvek ista. Sem koordinatnog sistema WORLD, na blokovima koji predstavljaju tela postoji mogućnost određivanja centra mase (*CG*), kao i položaja drugih tačaka na telu koje predstavljaju lokalne koordinatne sisteme (*CS1*, *CS2*,...), koji se mogu definisati u odnosu na:

- referentni koordinatni sistem,
- druge koordinatne sisteme na telu, i
- koordinatni sistem na susednom



Sl. 3 – Prikaz osnovnih koordinatnih sistema koji se koriste pri definisanju tela

telu (*Adjoining CS*) sa kojim je dato telo povezano određenom vrstom veze.

Kao što se vidi sa slike 3, pri formiranju simulacionog modela definiše se i sila gravitacije čiji je pretpostavljeni negativni smer y-ose.

Na taj način mogu se definisati položaj i dimenzija tela u prostoru, što može da se koristi pri određivanju momenta inercije. Primer na slici 3 prikazuje telo čiji je centar mase u odnosu na tačku oslonca pomeren po x-osi za 0,5 m, čime je praktično definisana i jedna dimenzija ovog tela.

Na slici 4 vidi se da se pozicija tela definiše tako da se za svaki koordinatni sistem bira da li će biti prikazan sa leve ili desne strane bloka, zatim se definiše njegov vektor položaja $[x \ y \ z]$ u izabranim jedinicama mere u odnosu na jedan od ponuđenih koordinatnih sistema (padajući meni desno od menija za izbor jedinice mere). Na ovom padajućem meniju se, pored ostalog, pojavljuje i opcija za izbor prethodno pomenutog *Adjoining CS*. Sem toga, SimMechanics obezbeđuje i mogućnost određivanja orijentisanosti tela u prostoru (slika 4). Izgled prozo-

ra za orijentaciju vrlo je sličan prethodnom, s tim što se bira određena uglovna pomenost u odnosu na referentni koordinatni sistem.

Dodavanje, brisanje i uopšte ažuriranje podataka u ovom prozoru izvršava se jednom od komandi koje se nalaze u gornjem desnom uglu.

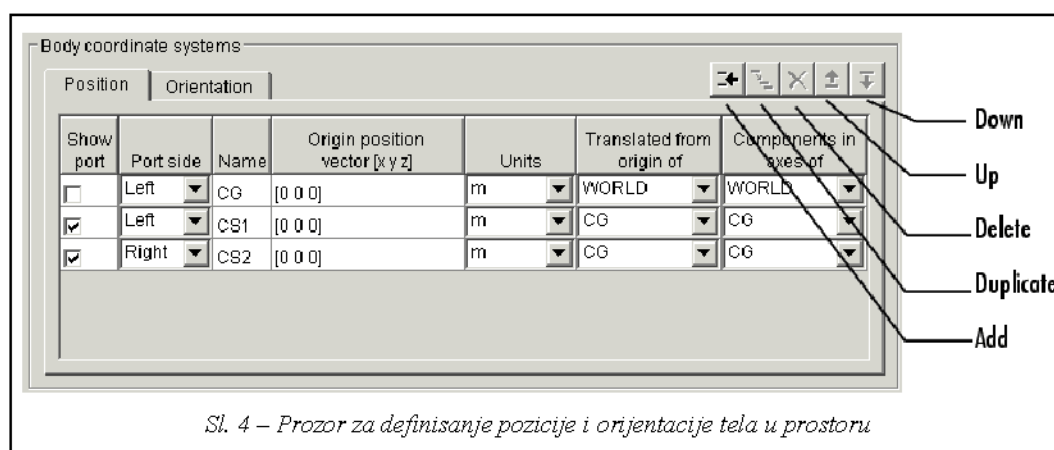
Sem definisanja pozicije i orijentacije tela, preko sličnog prozora definišu se masa i momenti inercije tela. Moment inercije definiše se preko sledeće trodimenzionalne dijagonalne matrice

$$\begin{bmatrix} I_1 & 0 & 0 \\ 0 & I_2 & 0 \\ 0 & 0 & I_3 \end{bmatrix}$$

gde su I_1, I_2, I_3 momenti inercije tela oko x, y, z ose.

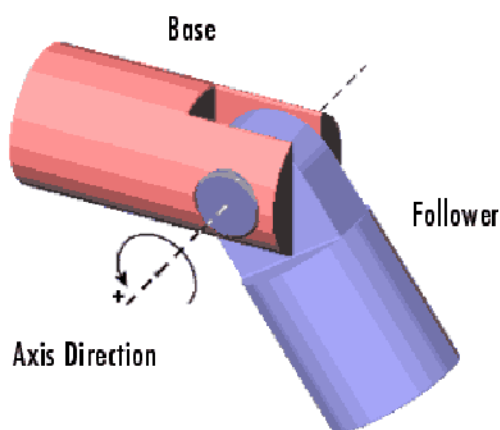
JOINT blokovi (veze) predstavljaju stepene slobode kretanja koje jedno telo (prateće) ima u odnosu na drugo (bazno) (slika 5).

SimMechanics veze pridružuju stepene slobode kretanja modelu, pošto su blokovi koji predstavljaju tela definisani



tako da ne poseduju nijedan stepen slobode kretanja. Bazno telo u vezi može biti i oslonac (*ground*). SimMechanics veza ne implicira obavezno i fizičku vezu između dva tela, za šta je osnovni primer takozvana Six-Dof veza kojom se može simulirati kretanje aviona kao pratećeg tela u odnosu na Zemlju kao bazno telo. Osnovne vrste veza koje su dostupne u SimMechanics biblioteci blokova su:

- prizmatična (*prismatic – P*), koja obezbeđuje jedan stepen slobode kretanja duž prave;
- rotaciona (*revolute – R*), koja obezbeđuje jedan stepen slobode kretanja oko ose rotacije (slika 5);



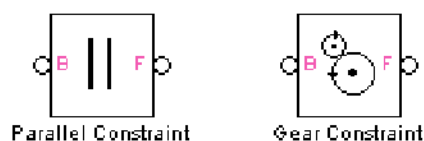
Sl. 5 – Rotaciona veza između dva tela – bazno i prateće

- sferna (*spherical – S*), koja obezbeđuje tri stepena slobode kretanja oko tačke (*pivot*), i
- čvrsta (*weld – W*), koja ima nula stepeni slobode kretanja.

Njihovom kombinacijom može se dobiti više vrsta složenih veza koje predstavljaju idealizovane realne veze (npr. *Bearing* koja predstavlja ležaj). Bitno je

naglasiti da svaka vrsta veze može da povezuje samo dva tela, ne više njih.

CONSTRAINT blokovi definišu (ograničavaju) način međusobnog relativnog kretanja tela. Postoji, na primer, ovakav blok koji određuje da se dva tela kreću po paralelnim putanjama (slika 6) na definisanom odstojanju.



Sl. 6 – Osnovni constraint blokovi

Najpoznatiji constraint blok je *gear* (slika 6), koji ograničava kretanje dva tela na način da je ono istovetno kretanju spregnutog zupčastog para. Njegova upotreba i način definisanja parametara imaju konkretnu primenu kod modeliranja procesa rada menjačkog, glavnog i diferencijalnog prenosnika. Ovi blokovi služe da smanje, tj. ograniče određeni broj, prethodno pomoću odgovarajuće veze definisanih stepeni slobode kretanja. Osnovna ograničenja koja se moraju ispoštovati pri korišćenju *constraint* blokova su da:

- mogu da se pojave samo u zatvorenim konturama;
- svaka zatvorena kontura može da sadrži samo jedan blok ove vrste, i
- mogu da povezuju samo dva tela međusobno.

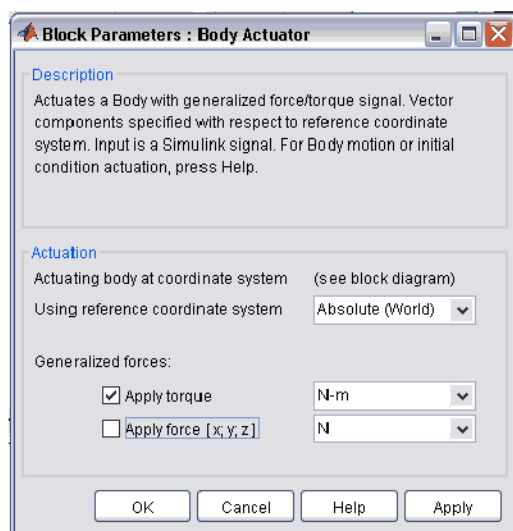
ACTUATOR blokovi (pobuđivači) omogućavaju nekoliko bitnih stvari:

- uvođenje vremenski zavisnih sila i momenata na tela i veze;
- uvođenje brzine i ubrzanja kao funkcije vremena na veze, kao i

– određivanje početne pozicije i početne brzine veze u modelu.

Potrebno je naglasiti da se na telo ne može aplicirati bilo kakvo kretanje, pošto je ranije naglašeno da tela nemaju nijedan stepen slobode kretanja, kao i da se pobuđivač ne može vezati na čvrstu i sfernu vezu.

Pored odabira referentnog koordinatnog sistema, pri pobuđivanju tela data je mogućnost apliciranja sile (slika 7) ili obrtnog momenta. Kao ulaz u pobuđivač može se iskoristiti bilo koji Simulink signal u obliku funkcije ili matrice, kao i izlazni signal iz bilo kog davača, čime se praktično omogućava formiranje povratne veze.

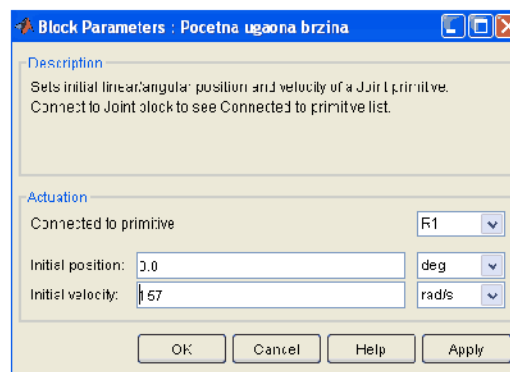


Slika 7 – Prozor za definisanje osnovnih parametara aktuatora tela

Pobuđivanje veze vrši se pomoću pobuđivača kojim se na vezu može aplicirati:

- sila ili translatorno kretanje (ali ne oboje) na prizmatične veze,
- moment ili rotaciono kretanje (ali ne oboje) na rotacione veze.

Specifična vrsta pobuđivača veze je *Joint Initial Condition Actuator* (IC), koji predstavlja blok za definisanje početne brzine i početne pozicije veze. Pretpostavljena početna brzina na vezi je jednaka nuli. Ako se želi da ona u početnom trenutku simulacije modela ima neku vrednost koristi se IC blok, koji se u model prenosi iz biblioteke blokova, povezuje preko aktuator porta za vezu i onda se preko prozora na slici 8 unose njegovi parametri (informacija za koju je vezu povezan, početna pozicija i početna brzina u odgovarajućim jedinicama). IC je pobuđivač koji za razliku od svih ostalih pobuđuje vezu samo u početnom trenutku simulacije i ne deluje na vezu dalje u toku simulacije modela. Ovaj blok, za razliku od ostalih blokova pobuđivača, nema ulazni port u sebe i ne zahteva Simulink signal kao ostali, zato što sam po sebi predstavlja ulaz u sistem. Ni ovaj blok se ne može koristiti za pobuđivanje sferične i čvrste veze.

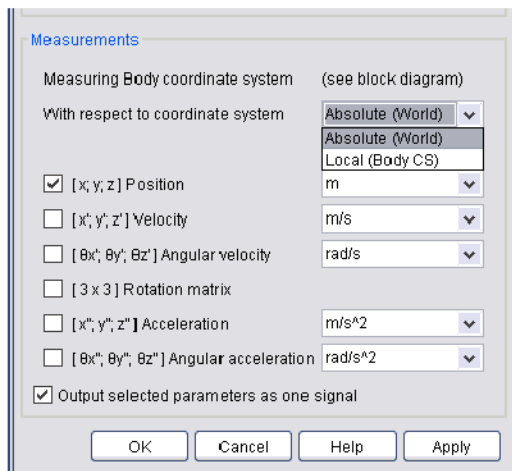


Slika 8 – Prozor za definisanje osnovnih parametara IC aktuatora veze

SENSOR (davač) blokovi predstavljaju davače za merenje sledećih veličina:

- pozicije, brzine i ubrzanja tela pri kretanju (slika 9),

- sile, momenata i kinematskih karakteristika na vezama,
- sile i momenata reakcije na *constraint* blokovima.

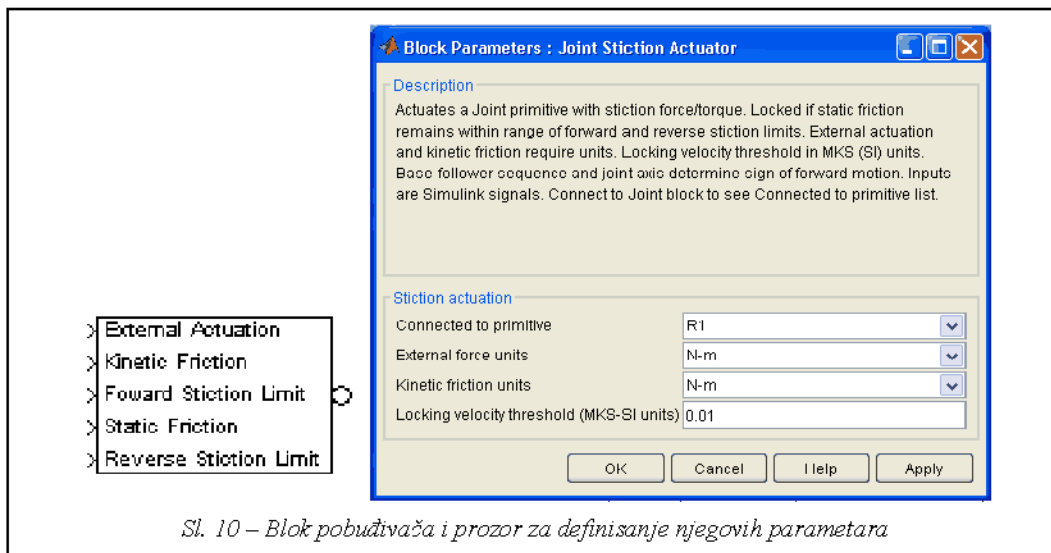


Sl. 9 – Prozor za definisanje osnovnih parametara davača koji se veže za telo

Po pitanju merenja kinematskih veličina tela koja se nalaze u vezi sa nekim drugim telom, sa slike 9, vidi se da je moguće meriti brzine i ubrzanja pri translatornom i rotacionom kretanju, uz izbor željenih memnih jedinica. U padajućem meniju,

koji je prikazan na ovoj slici, prikazana je mogućnost izbora referentnog koordinatnog sistema u odnosu na koji se vrši merenje. Sem merenja kinematskih veličina na telima, one se mogu, putem davača, meriti i na vezama između tela. U zavisnosti od vrste veze koja se koristi mere se, kod prizmatičnih veza, pozicija, brzina i ubrzanje, a kod rotacionih veza ugaona brzina i ubrzanje. Blok davača omogućava merenje relativne sile i momenta između tela u vezi (*computed force*, *computed torque*), a to su sile i momenti koji omogućavaju kretanje tela. Sem toga, pomoću ovog bloka moguće je meriti i sile i momente reakcije na vezama. U slučaju da se blok davač poveže na *constraint* blokove, postoji mogućnost merenja jedino sile i momenata reakcije.

Modul SimMechanics, pored ostalog, omogućava da se veza dva rotaciona elementa modelira na taj način da se uključe karakteristike trenja unutar veze pomoću bloka pobuđivača koji se naziva JOINT STICTION ACTUATOR (slika 10) i koji predstavlja specijalno razvijen oblik pobuđivača.



Sl. 10 – Blok pobuđivača i prozor za definisanje njegovih parametara

Ovaj blok omogućava da se u vezi pojavi sila trenja (translatorni sistem) ili moment trenja (rotacioni sistem). Moment trenja kod rotacionog sistema izračunava se u funkciji sledećih veličina:

- spoljašnji moment (M_{ext}) – model omogućava uvođenje spoljašnjeg momenta koji deluje na vezu i nezavisan je od momenta trenja,

- trenje kotrljanja/klizanja (M_k) – predstavlja moment trenja koji deluje na elemente u rotaciji dok traje proces proklizavanja,

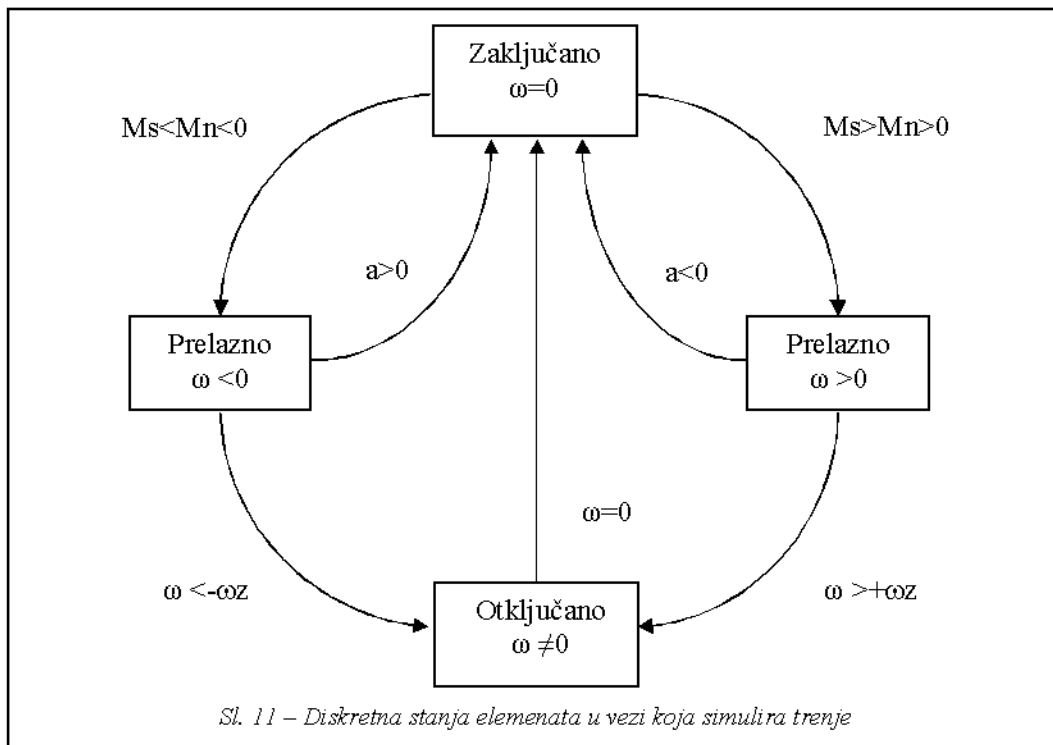
- granica statičkog momenta trenja (M_s) – omogućava određivanje opsega momenta trenja u kome dolazi do „zaključavanja veze“ i to stanje traje dok god moment na vezi dva tela ne izađe iz ovog opsega,

- prag brzine „zaključavanja“ (ω_z)

- predstavlja relativnu ugaonu brzinu tela u rotaciji ispod koje prestaje proklizavanje, što dovodi do ostvarivanja čvrste veze tela i njihovog zajedničkog kretanja.

Pored kontinuiranog kretanja, veza ostvarena preko modela trenja može da se nalazi u još nekoliko diskretnih stanja: zaključanom, otključanom i prelaznom (slika 11). Pobuđivač vrši prebacivanje iz jednog u drugo stanje putem detekcije veličina koje unosimo kao ulazne parametre. Dva osnovna uslova koja određuju trenutak prelaska iz jednog u drugo stanje definišu se preko četiri ulazna parametra:

- prag brzine „zaključavanja“ (ω_z),
- donja granica statičkog momenta trenja (M_{sd}),
- gornja granica statičkog momenta trenja (M_{sg}),
- moment na vezi (M_n).



U zaključanom stanju relativna ugaona brzina elemenata u vezi jednaka je nuli ($\omega=0$). Ovakvo stanje traje dokle god je moment trenja na vezi u granici između donje i gornje granice statičkog trenja $M_{sd} < M_n < M_{sg}$.

U trenutku kada moment trenja na vezi M_n izađe iz granica statičkog momenta trenja na vezi ispunjen je prvi uslov za otključavanje, simulacija ulazi u prelazno stanje i počinje kretanje u jednom ($\omega > 0$) ili drugom smeru ($\omega < 0$). Međutim, ako ugaona brzina u prelaznom stanju nije velika, tj. ako nema ugaonog ubrzanja veza se vraća u zaključano stanje. U slučaju kada postoji porast ugaone brzine, dešava se da ona preraste prag brzine ω_z i tada je ispunjen drugi uslov za otključavanje veze.

U otključanom stanju kretanje tela u vezi ostvaruje se uz proklizavanje pod dejstvom spoljašnjeg momenta (M_{ext}) i kinetičkog momenta trenja (M_k). Prelazak iz otključanog u zaključano stanje na vezi dešava se kada SIMULINK detektuje da je ugaona brzina dostigla vrednost nula.

Prethodno opisani blok *Joint Stiction actuator* iskorišćen je za modeliranje procesa uključivanja glavne frikcione spojnice motornog vozila.

Prikaz simulacionog modela glavne frikcione spojnice motornog vozila

Mehaničke frikcione spojnice su elementi sistema za prenos snage koji imaju karakteristična radna opterećenja u procesu uključivanja (polaska motornog vozila iz mesta), tako da je upravo taj

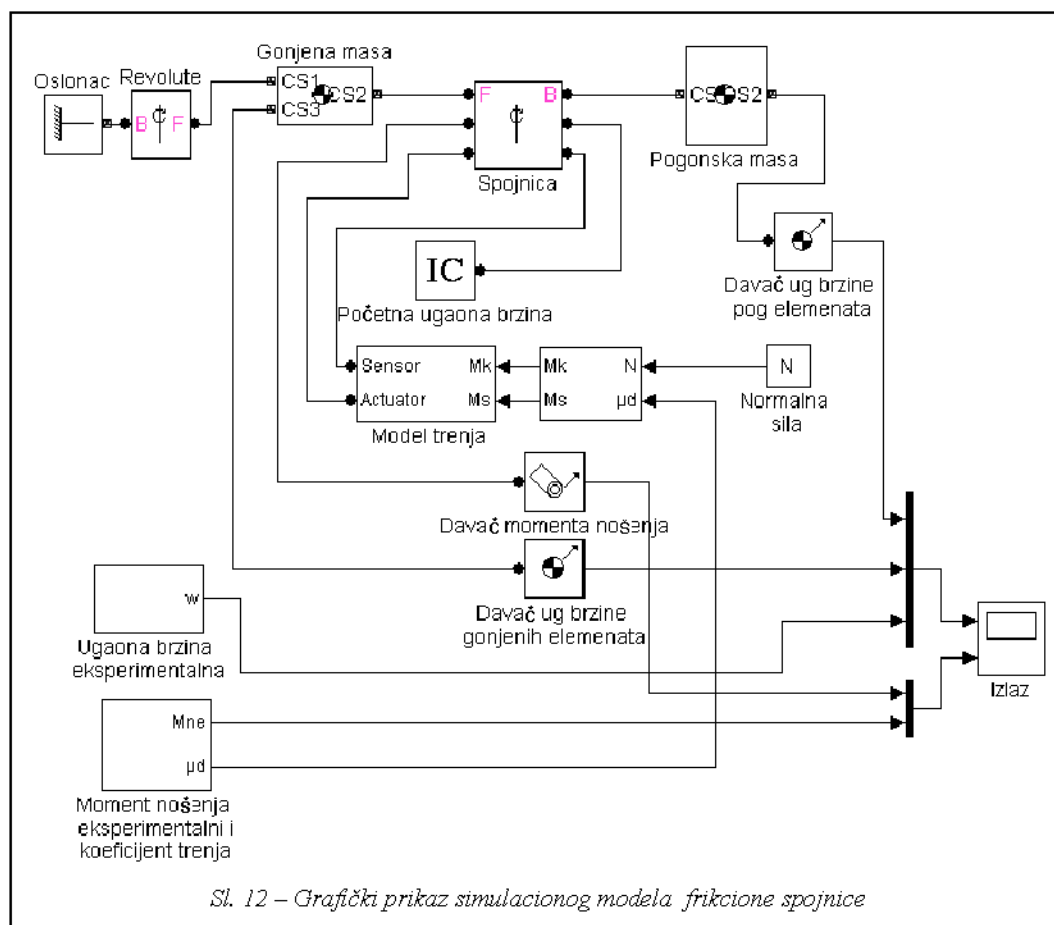
proces najbitniji za projektovanje, pa i za kompjutersku simulaciju rada spojnice.

Da bi se razvio simulacioni model potrebno je prethodno razviti matematički model uključivanja spojnice, koji je za potrebe ovog rada razvijen tako da predstavlja dve rotacione mase (pogonsku i gonjenu), na koje deluje normalna sila koja ih približava. Pogonskoj masi zadata je početna ugaona brzina. Pod dejstvom normalne sile, usled trenja na površinama ove dve mase, dolazi do izjednačavanja njihovih ugaonih brzina. Simulacioni model (slika 12) koncipiran je tako da predstavlja simulaciju uključivanja spojnice kao kada se to obavlja pri ispitivanju na probnom stolu PSS-30 [3] na Mašinskom fakultetu u Beogradu.

Motor radi pri zadatoj ugaonoj brzini, u željenom trenutku se uključuje spojница, pri čemu dolazi do smanjenja ugaone brzine motora i povećanja ugaone brzine spojnice (njenih gonjenih delova). U toku procesa uključivanja ove dve brzine teže izjednačavanju, koje se postiže na kraju uključivanja spojnice. Tokom ovog procesa prati se i promena momenta nošenja spojnice u toku vremena klizanja.

Veoma je bitno naglasiti da ovaj model razmatra isključivo polazak motornog vozila s mesta, što podrazumeva da je u početnom trenutku simulacije u menjačkom prenosniku izabran prvi stepen prenosa, i da se takvo stanje posmatra kroz simulaciju ostalih elemenata sistema za prenos snage (menjača, glavnog i diferencijalnog prenosnika).

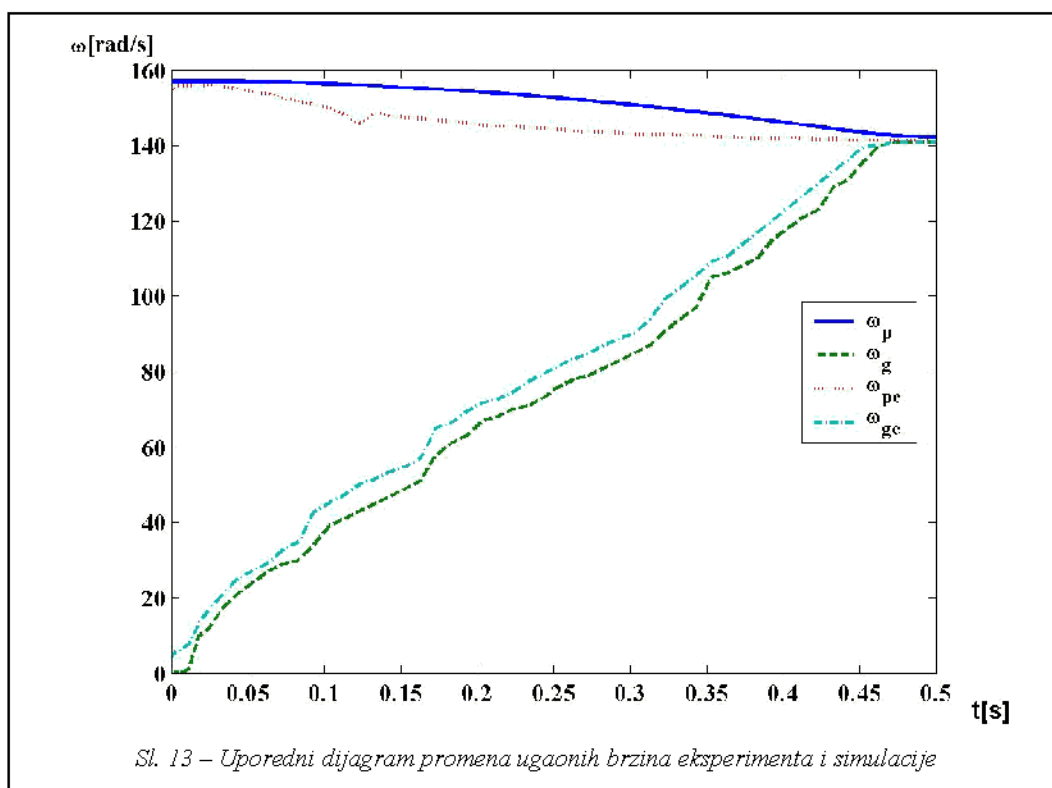
Ostali granični uslovi potrebni za ovu simulaciju rada mogu se definisati u MATLAB-u na dva različita načina: eksperimentalnim rezultatima ili matematičkim modelima.



Prvi način definisanja graničnih uslova simulacije rada prenosnika snage pri polasku motornog vozila iz mesta podrazumeva korišćenje eksperimentalnih rezultata dobijenih pri ispitivanju procesa uključivanja spojnice jednog putničkog vozila na probnom stolu. Eksperimentalni rezultati sa probnog stola, koji su pohranjeni u Microsoft Excelu, pomoću MATLAB programa se prevode u jednodimenzionalne matrice (*arrays*) koje se smeštaju u radni prostor MATLAB-a i mogu da se koriste. U razvijenom simulacionom modelu moment nošenja spojnice, dobijen eksperimentalnim

putem, iskorišćen je za izračunavanje zakona promene koeficijenta trenja na frikcionim površinama u toku vremena uključivanja. Koeficijent trenja, zajedno sa normalnom silom, predstavlja osnovne ulazne veličine za simulacioni model trenja prikazan na slici 12.

Formirani model i korišćena procedura simulacije omogućavaju dobijanje relevantnih parametara procesa uključivanja spojnice za različite ulazne parametre. Segment prezentovanih eksperimentalnih rezultata u ovom radu odnosi se na ispitivanje na probnom stolu spojnice namenjene za putničko vozilo sa sledećim pola-

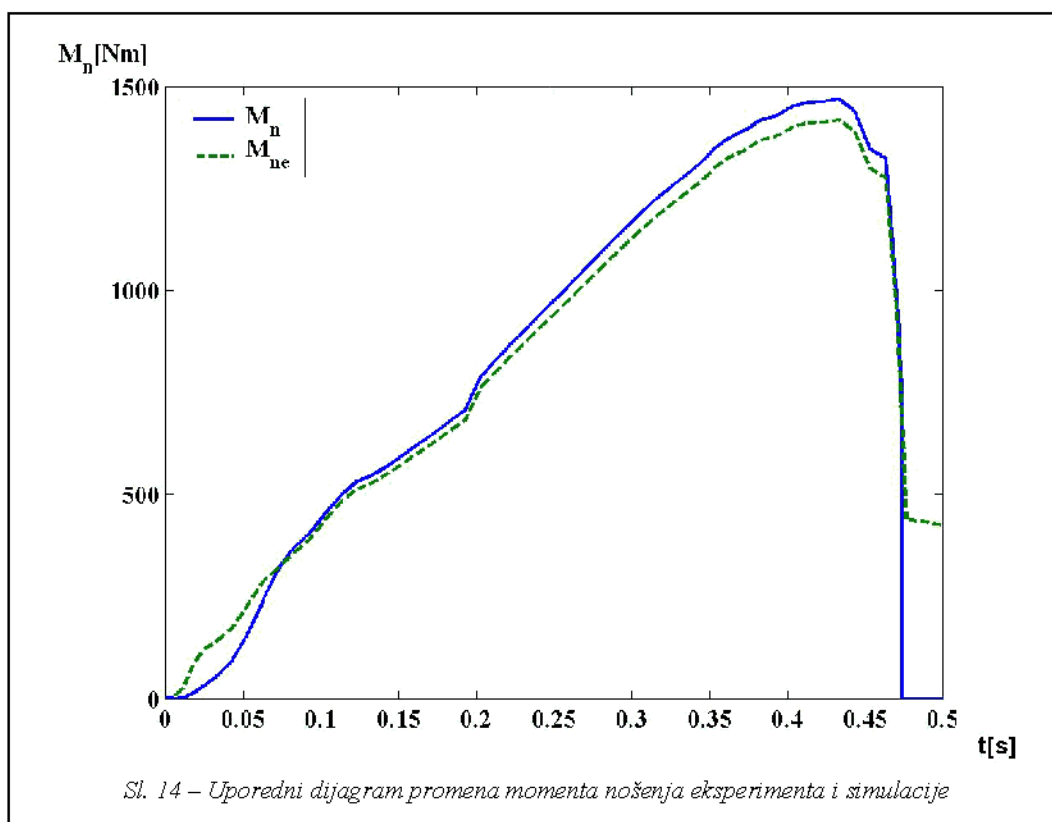


znim podacima: ukupna masa 970 kg, poluprečnik frikcionne površine 0,09 m i 0,0635 m, jednolamelasta spojnice sa zavojnim oprugama. Normalna sila pritiska na potisnoj ploči definisana je linearnom rastućom zavisnošću u funkciji vremena sa maksimalnom vrednošću od 2590 N. Koeficijent trenja na frikcionim površinama je promenljiv u vremenu sa maksimalnom vrednošću 0,375.

Slika 13 ilustruje promenu ugaonih brzina pogonskih i gonjenih elemenata, a slika 14 momenta nošenja spojnice u toku vremena uključivanja. Pri izvođenju simulacije na formiranom modelu korišćeni su realni eksperimentalni podaci za normalnu silu i za izračunavanje realne promene koeficijenta trenja, kao i realni podaci o poluprečnicima frikcionih povr-

šina spojnice koja je ispitivana na probnom stolu. Na ovako formiranom modelu izveden je veliki broj simulacija, pri kojima se ispostavilo da najviše uticaja na vreme klizanja imaju momenti inercije pogonskih i gonjenih elemenata spojnice. Prikazani dijagrami dobijeni su za određene vrednosti momenata inercije i predstavljaju reprezentativan primer svih izvedenih simulacija.

Sa dijagrama na slici 13 vidi se da postoji saglasnost, kako u veličini, tako i u karakteru promene ugaonih brzina pogonskih (opada) i gonjenih elemenata spojnice (ugaona brzina raste). Razlika se ogleda u tome što eksperimentalne ugaone brzine imaju određene oscilacije, dok su one dobijene simulacijom „ispeglane“.



Što se tiče momenta nošenja, razlika između simulacionih i eksperimentalnih rezultata je neznatna i najuočljivija po prestanku proklizavanja, jer tada moment nošenja dobijen simulacijom pada na nulu. Naime, u simulacionom modelu ne postoji moment opterećenja spojnice i ugaona brzina nakon uključivanja ostaje konstantna.

Zaključak

Savremenim pristupom razvoju koji je podržan računarom smanjuje se mogućnost unošenja greške pri razmeni rezultata simulacije između različitih programa koji su ranije omogućavali samo jedan vid analize [4]. Takođe, potrebno je i moguće da budu izbegnute aproksi-

macije, pretpostavke i uprošćenja koja nastaju kao posledica međusobnog usklađivanja pojedinih programa, pa se na taj način stvaraju pretpostavke za još bolje približavanje uslovima za simulaciju primenjenu na trodimenzionalne virtuelne modele u vezi sa realnim uslovima rada posmatranog mašinskog sklopa. Tako se dodatno utiče na dalje ubrzanje i optimizaciju samog procesa projektovanja i proizvodnje, čime se stvaraju dodatni uslovi za razvoj efikasnijih, kreativnijih, pouzdanijih i jeftinijih proizvoda, odnosno, čime se smanjuju ukupni troškovi i vreme potrebno za stvaranje i plasman novog proizvoda na tržište.

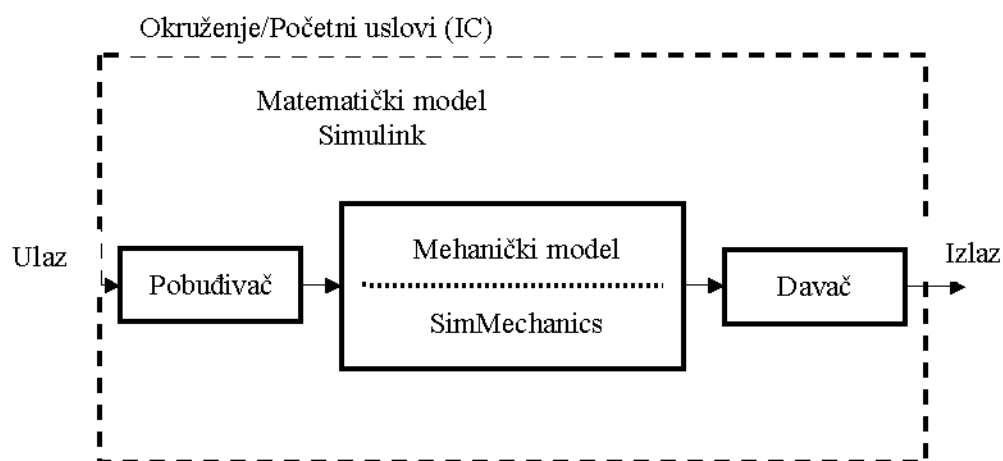
Jedan od važnih preduslova za redukovanje vremenskog ciklusa proizvodnje

i troškova razvoja mašinskog sistema svakako je sistemska primena računarskih modela, pomoću kojih se obezbeđuje zadovoljenje postavljenih zahteva. S obzirom na značaj glavnih frikcionih spojnica, adekvatni modeli za proučavanje njihovih radnih procesa i savremene metode simulacije jesu dobra polazna osnova za njihovo projektovanje. Razvijeni model spojnice zadovoljava postavljene zahteve i omogućuje adekvatnu simulaciju ispitivanja performansi spojnice za različite ulazne parametre, a pre njihovog postavljanja na probni sto. Model se

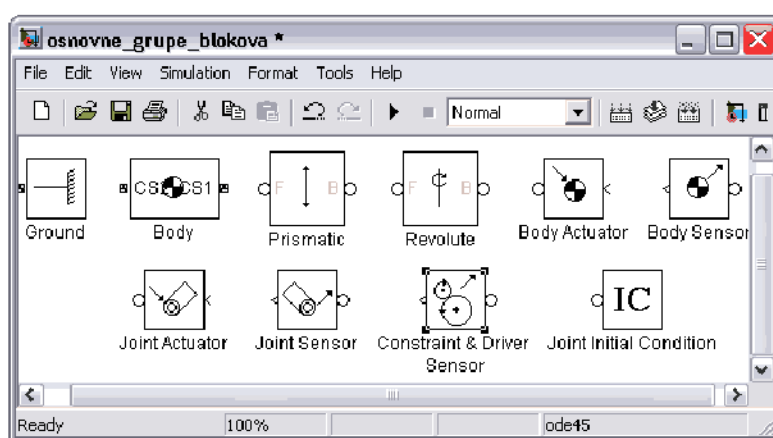
može iskoristiti i za modeliranje frikcionih elemenata unutar automatizovanih menjačkih prenosnika radi istraživanja prelaznih procesa pri promeni stepena prenosa.

Literatura:

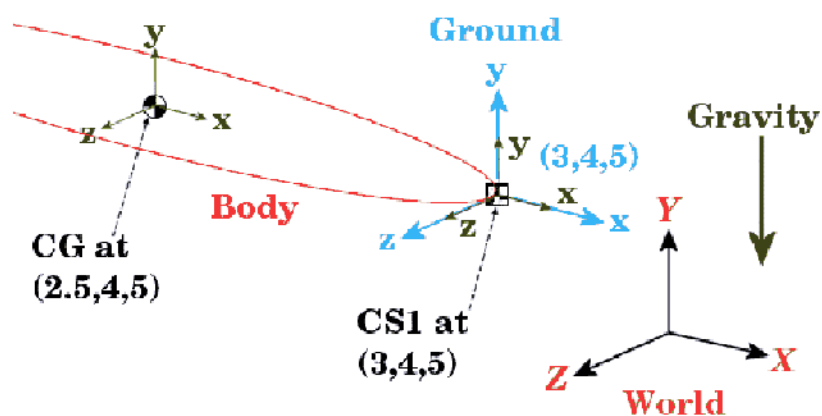
- [1] Duboka, Č., Arsenić, Ž.: Sistemsko inženjerstvo u razvoju, proizvodnji i korišćenju mašinskih sistema, 25. savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Beograd, 1994.
- [2] MATLAB Using Simulink and StateflowTM in Automotive Application, 1999.
- [3] Duboka, Č., Arsenić Ž.: Ispitivanje motornih vozila, priručnik, JUMV, Beograd, 1994.
- [4] Muždeka, S.: Primena metoda sistemskog inženjerstva u razvoju planetarnih prenosnika, magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 2002.



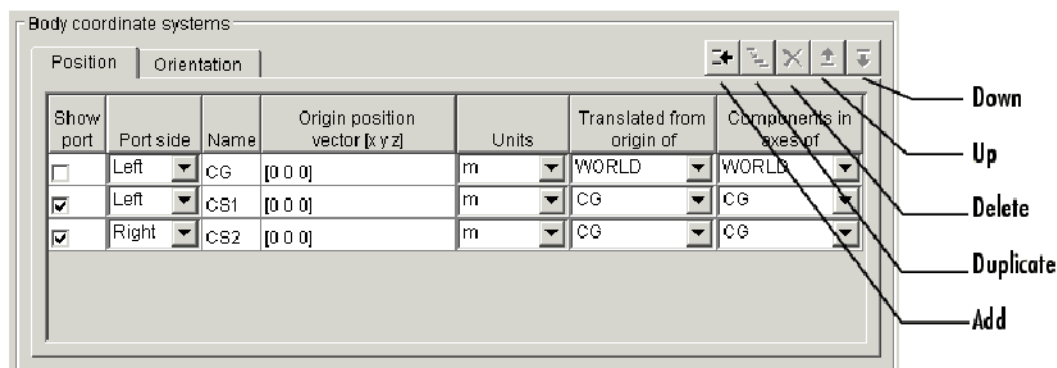
Sl. 1 – Modeliranje mehaničkih sistema u programskom okruženju MATLAB



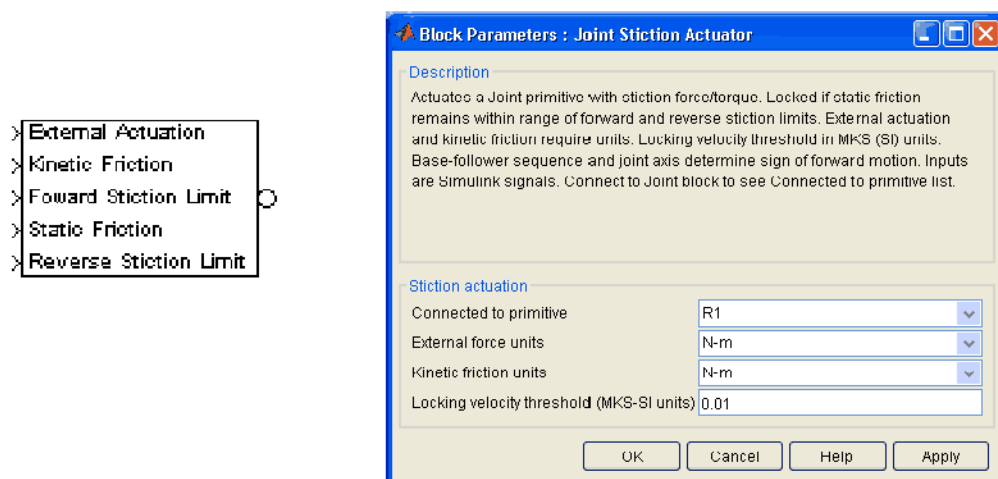
Sl. 2 – Osnovne grupe u biblioteci blokova SimMechanics



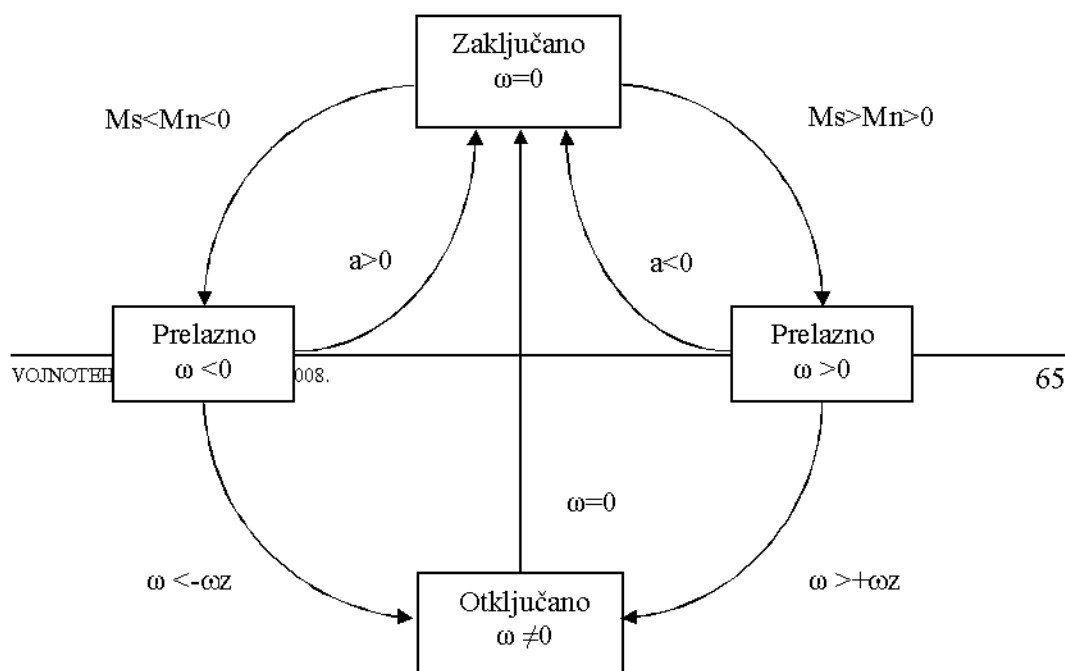
Sl. 3 – Prikaz osnovnih koordinatnih sistema koji se koriste pri definisanju tela



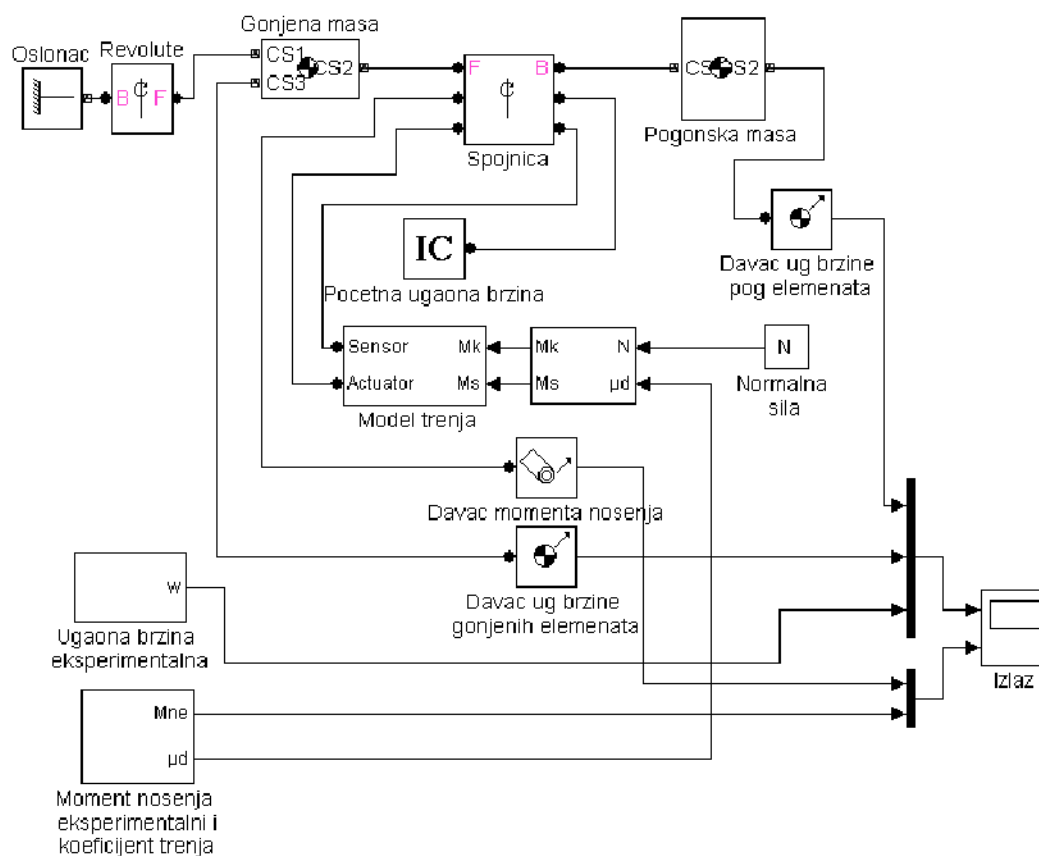
Sl. 4 – Prozor za definisanje pozicije i orijentacije tela u prostoru



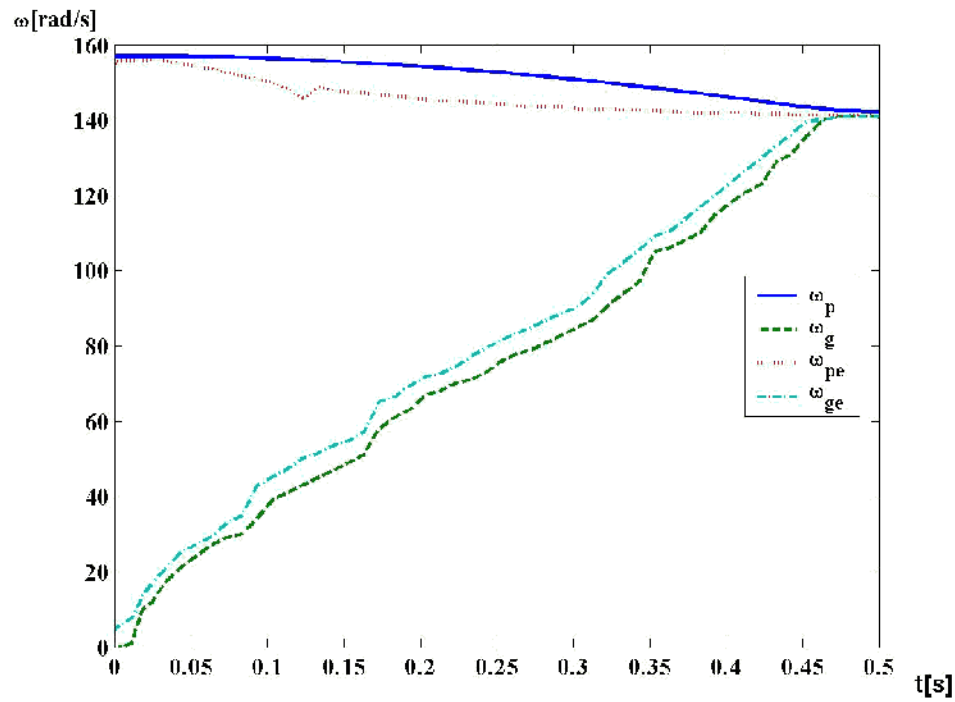
Sl. 10 – Blok pobuđivača i prozor za definisanje njegovih parametara



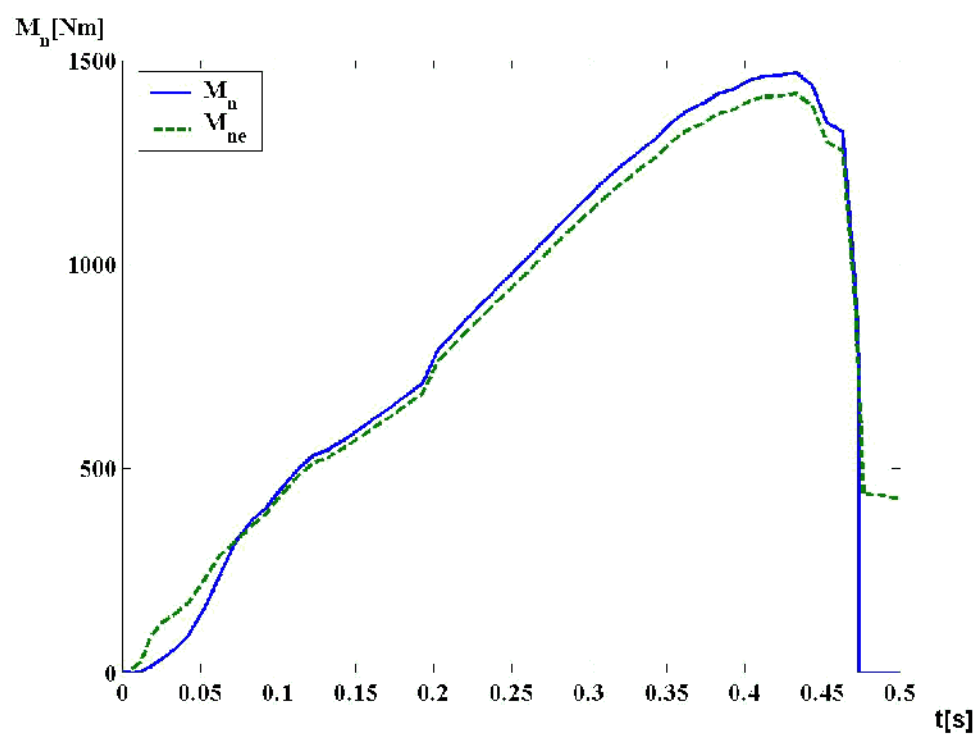
Sl. 11 – Diskretna stanja elemenata u vezi koja simulira trenje



Sl. 12 – Grafički prikaz simulacionog modela frikcione spojnice



Sl. 13 – Uporedni dijagram promena ugaonih brzina eksperimenta i simulacije



Sl. 14 – Uporedni dijagram promena momenta nošenja eksperimenta i simulacije

Mr Sreten Perić,
major, dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd

FIZIČKO-HEMIJSKE I TRIBOLOŠKE KARAKTERISTIKE MOTORNOG I MENJAČKOG ULJA KAO PARAMETAR STANJA TRIBOMEHANIČKOG SISTEMA

UDC: 621.892

Rezime:

Identifikacija stanja tribomehaničkih sistema bez narušavanja njegove funkcije, u uslovima gde se otkazi javljaju prvenstveno usled habanja elemenata i promene svojstava podmazujućeg sredstva, ima ogromne tehničke i ekonomske efekte. Sve prisutnija istraživanja na tribometrima objašnjavaju se nemogućnošću da se ispitivanjima realnih sistema obuhvati kompleksnost procesa trenja i habanja, kako po karakteru odvijanja fizičko-hemijskih procesa, tako i međusobnoj povezanosti velikog broja relevantnih parametara. Ispitivanje fizičko-hemijskih i triboloških karakteristika u funkciji utvrđivanja stanja tribomehaničkog sistema ima za cilj identifikaciju promena na elementima tog sistema. Odgovarajućim uzorkovanjima i ispitivanjima u toku eksploatacije tribomehaničkog sistema, na osnovu prikazanog modela u radu, moguće je identifikovati stanje elemenata sistema i predvideti njegovo dalje ponašanje u eksploataciji, radi preventivnog održavanja.

Ključne reči: motorno ulje, menjačko ulje, tribologija, podmazivanje, tribomehanički sistem.

PHYSICO-CHEMICAL AND TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MOTOR OIL AND TRANSMISSION FLUID AS TRIBOMECHANICAL SYSTEM STATUS PARAMETERS

Summary:

The increasingly present investigations into tribometers can be explained by impossibility to embrace the complexity of the processes of friction and wear by investigating real systems, both by character of the physicochemical processes unfolding and mutual interrelations of a large number of influential parameters. The basic characteristics of examinations of tribometers are simplicity of their construction, low cost of conducting experiments, reduced experimenting time and a possibility to easily modify and control input variables. The application of tribology, and especially tribometry, regarding identification of the status of tribomechanical systems, aims to identify conditions and changes in processes and elements of tribomechanical systems. By adequate sampling and tribological investigations during tribomechanical system exploitation, on the basis of the model presented in this paper, it is possible to identify the status of a tribomechanical system and to predict its future behavior in exploitation, with purpose of preventive maintenance.

Key words: motor oil, transmission fluid, tribology, lubrication, tribomechanical system.

Uvod

Uslovi u kojima se nalaze elementi realnih tribomehaničkih sistema veoma su složeni i određeni su u velikoj meri karakteristikama maziva. Složenost uslo-

va određena je temperaturom elemenata u kontaktu, temperaturom maziva, spoljašnjim opterećenjem, odnosno specifičnim pritiskom u zoni kontakta, dinamičkim karakterom ostvarivanja kontakta i prenosa snage i kretanja i dr.

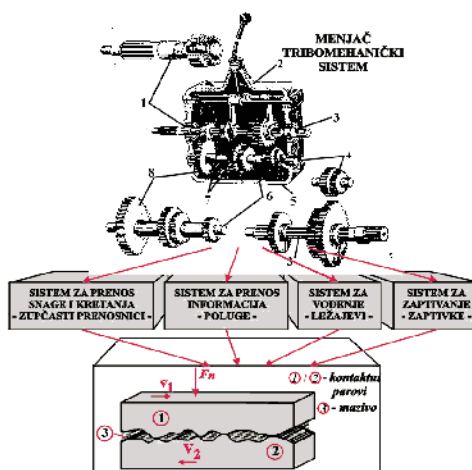
Vozilo kao tehničko sredstvo predstavlja skup veoma složenih tribomehaničkih sistema sastavljenih od niza podsistema koji predstavljaju, takođe, složene tribomehaničke sisteme. Čine ih svi sklopovi koji učestvuju u prenosu snage, odnosno obrtnog momenta od motora, preko sklopova transmisije (menjača, razvodnika pogona, diferencijala i ostalih sklopova), do izvršnih organa vozila.

Ulja za podmazivanje imaju niz osnovnih funkcija koje moraju izvršiti, a pored toga i jedan dodatni zadatak da, vršeći svoju funkciju, ne degradiraju ostale funkcije motora. Osnovne funkcije motornih ulja su:

- da podmazuju motor i smanjuju trenje i habanje njegovih pokretnih delova;
- da obezbeđuju dobro zaptivanje sklopa cilindar – klip;
- da štite motor od korozije;
- da obezbeđuju efikasno hlađenje motora,
- da održavaju motor u čistom i funkcionalnom stanju, sprečavaju stvaranje naslaga i nečistoća na delovima motora.

Ovako složene zadatke mogu ispuniti samo visokokvalitetna motorna ulja, koja moraju zadovoljiti sledeće uslove:

- zahtevanu viskoznost na niskim i visokim radnim temperaturama radi omogućavanja lakog hladnog starta i pravilnog podmazivanja motora u svim uslovima rada;
- visoku oksidacionu i termičku stabilnost, radi sprečavanja razlaganja ili stvaranja smola ulja pri visokim radnim temperaturama motora;
- dobro podnošenje visokih pritiska radi sprečavanja povećanog habanja na kliznim površinama;
- dobre deterdžentno-disperzivne osobine radi sprečavanja većeg taloženja produkata sagorevanja na delovima motora i kanalima za podmazivanje, kao i stvaranja čvrstih taloga i lakova na klipovima, klipnim prstenovima i u prostoru za sagorevanje;
- dobru alkalnu rezervu radi neutralisanja kiselih produkata sagorevanja i u uslovima korišćenja goriva sa većim sadržajem sumpora.



Sl. 1 – Motorno vozilo i menjač kao skup složenih tribomehaničkih sistema

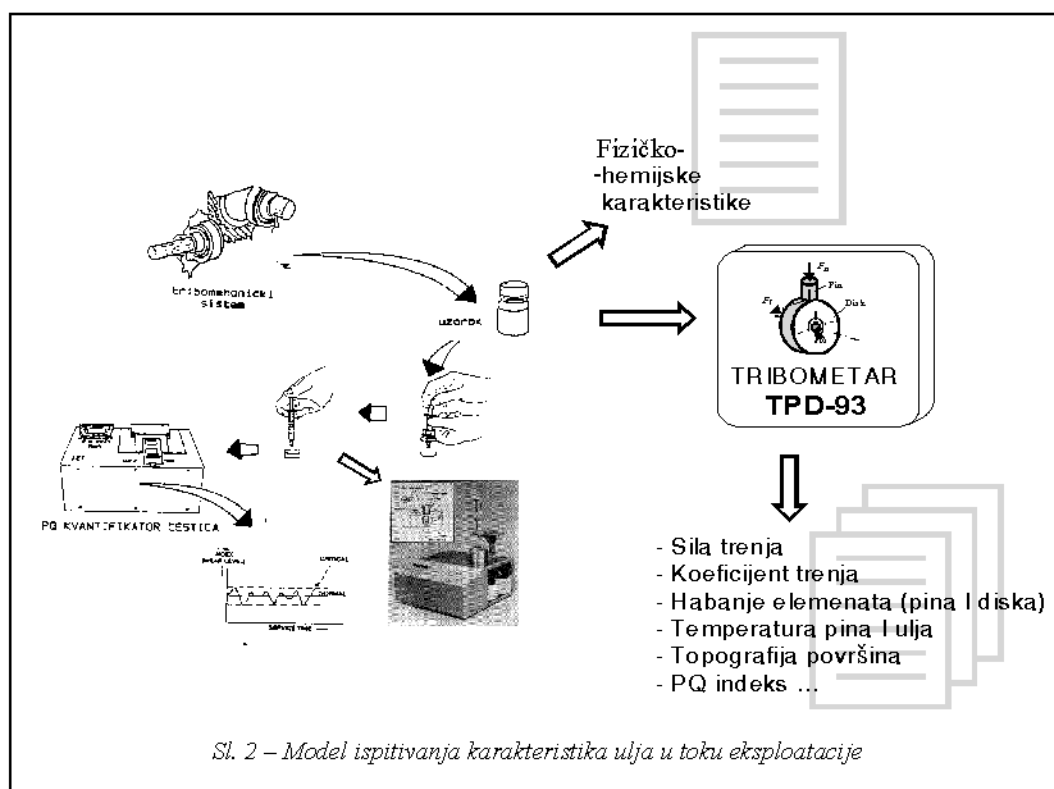
Kao primer složenog tribomehanskog sistema može se navesti menjač vozila (slika 1). Ovaj sistem sastoji se od elemenata za prenos snage i kretanja (zupčanici i ožljebljena vratila), elemenata za prenos informacija (poluge), elemenata za vođenje (vođice) i zaptivanje (zaptivke).

Svaki od navedenih elemenata menjača može se dalje razložiti i analizirati kao skup posebnih tribomehanskih sistema, kao što su zupčasti parovi, ležajevi i dr. Takođe, svaki zupčasti par se dalje može analizirati (posmatrati) kao pojedinačni element koji ostvaruje kontakt. I, na kraju, svaki bok zuba zupčanika (ili kuglica kotrljajnog ležaja) može se posmatrati kao elementarna jedinica tribomehanskog sistema.

Ova analiza ukazuje na činjenicu da se tribološke karakteristike jednog složenog tribomehanskog sistema ne mogu posmatrati na jednostavan način i da nije moguće uspostaviti pouzdane metode i odrediti dijagnostičke parametre za ocenu stanja posmatranog sistema.

Ispitivanje karakteristika ulja za podmazivanje

Analizom veoma velikog broja otkaza složenih tribomehanskih sistema može se zaključiti da je kod sistema kod kojeg je došlo do otkaza, takođe i kod maziva (odnosno ulja za podmazivanje), došlo do određenih promena. Naime, otkaz tribomehanskog sistema može nastupiti usled promene svojstava ulja za



podmazivanje. Takođe, do promene karakteristika ulja za podmazivanje može doći usled otkaza pojedinih ostalih elemenata tribomehaničkog sistema.

Kako se u najvećem broju slučajeva promena funkcionalnosti složenog tribomehaničkog sistema ogleda u promenama karakteristika ulja za podmazivanje, to se promena fizičko-hemijskih i triboloških karakteristika ulja može usvojiti kao parametar za ocenu stanja tribomehaničkog sistema.

Radi razvoja modela za identifikaciju stanja tribomehaničkog sistema, analizom ulja za podmazivanje, poslednjih godina odvijaju se mnogobrojna eksperimentalna ispitivanja u laboratorijama VTI Žarkovo i Mašinskog fakulteta u Kragujevcu. Cilj ispitivanja je verifikacija modela koja podrazumeva povremeno uzorkovanje ulja za podmazivanje iz realnih tribomehaničkih sistema i analiza njegovih fizičko-hemijskih i triboloških karakteristika u toku eksploatacije. Na slici 2 prikazana je šema funkcionisanja modela.

Fizičko-hemijske karakteristike mazivih ulja

Osnovne fizičko-hemijske osobine pomoću kojih se određuje kvalitet ulja su:

– *fizičke osobine*: viskoznost, indeks viskoznosti, temperatura paljenja, temperatura stišnjavanja, gustina, specifična toplota, penušanje i dr.;

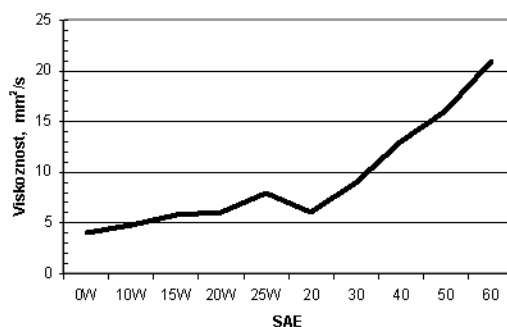
– *hemijske osobine*: hemijska i termička stabilnost, korozivnost, neutralizacioni broj, ukupan bazni broj, kompatibilnost, toksičnost i dr.

U okviru ovog dela rada prikazan je deo rezultata obimnih eksperimentalnih ispitivanja različitih ulja (motornih i drugih) u Laboratoriji za pogonska sredstva VTI Žarkovo, Beograd.

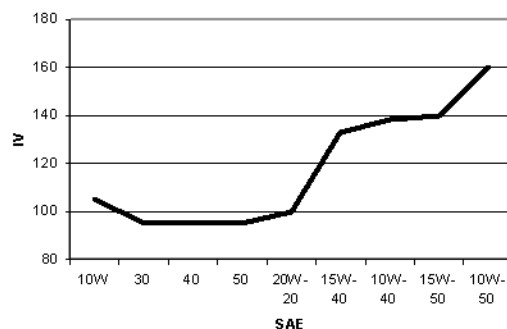
Ispitivanjima su mereni: viskoznost ulja za različite namene (slika 3), indeks viskoznosti (slika 4), gustina (slika 5), temperatura paljenja (slika 6), temperatura stišnjavanja (slika 7), penušanje (slika 8), ukupan bazni broj (slika 9) i toksičnost.

Na slici 3 prikazana je promena veličine merenih vrednosti viskoznosti u zavisnosti od vrste ulja. Ulja namenjena za hladnije uslove (10W, 15W,...) imaju manju viskoznost od ulja namenjenih za toplije klimatske uslove.

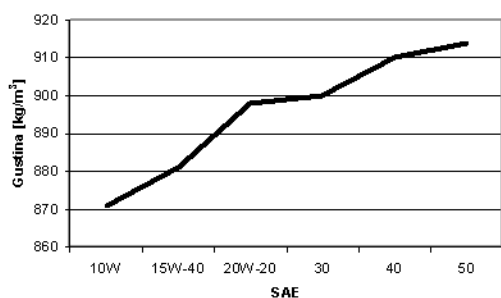
Na slici 8 prikazano je kako u novijim uljima koja imaju više aditiva raste baznost. Tako ulje 15W-40 CE ima više aditiva od ulja 15W-40 SF-CC, jer je savremenije, pa samim tim ima i veći ukupni bazni broj – TBN. Kada vrednost ukupnog baznog broja padne ispod određene vrednosti ulje treba zameniti.



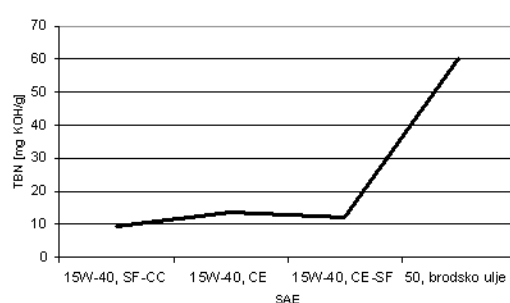
Sli. 3 – Promena viskoznosti u zavisnosti od vrste ulja



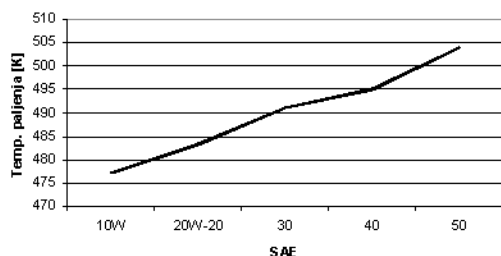
Sli. 4 – Promena indeksa viskoznosti u zavisnosti od vrste ulja



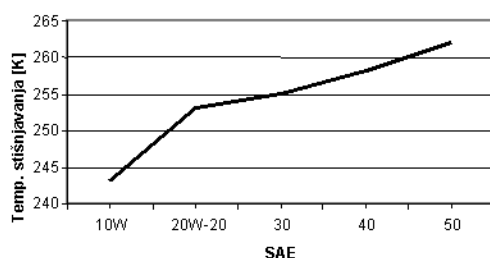
Sl. 5 – Gustina ulja na 288,15 K za različite vrste ulja



Sl. 8 – Prikaz baznosti u jednoj vrsti ulja različitog kvaliteta



Sl. 6 – Temperature paljenja za neke vrste ulja



Sl. 7 – Temperature stišnjavanja za neke karakteristične vrste ulja

Vrednosti sa kojima se upoređuju rezultati ispitivanja sklonosti stvaranja i stabilnosti pene

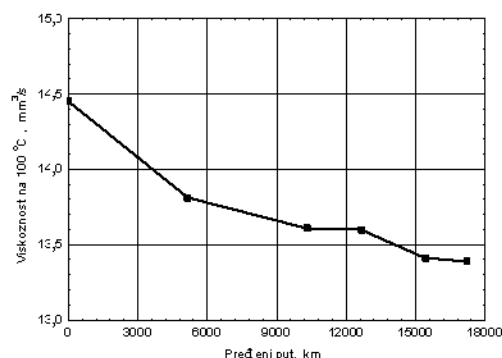
	Sklonost stvaranja pene	Stabilnost pene
	Zapremina 1 cm ³ , nakon 5 min produvavanja	Zapremina 1 cm ³ , nakon 10 min stajanja
297,15 K (24°S)	2 cm ³	0 cm ³
366,65 K (93,5°S)	150 cm ³	0 cm ³
297,15 K (24°S) nakon 366,65 K (93,5°S)	0 cm ³	0 cm ³

Toksičnost označava sve aspekte uticaja ulja za podmazivanje na zdravlje ljudi, biljni i životinjski svet. Toksičnost mineralnih ulja je mala, dok su sa sintetskim uljima osnovni problemi vezani za delovanje na ljudsku kožu. Međutim, ulja koja sadrže različite hemijske supstance (aditive) mogu biti uzročnik mnogih oboljenja.

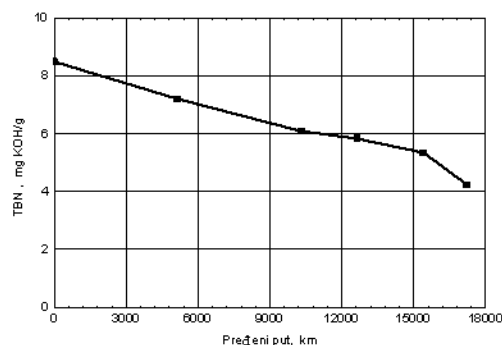
Rezultati ispitivanja promene karakteristika motornih ulja tokom eksploatacije

U okviru ovog dela rada prikazani su rezultati dela eksperimentalnih ispitivanja motornih ulja u Laboratoriji za pogonska sredstva. Ispitivanje je izvršeno na vozilu u koje je ugrađen motor Mercedes-Benz EURO 2 OM 906 hLA. To je dizel motor savremene konstrukcije, koji ispunjava EURO 2 norme vezane za emisiju izduvnih gasova. Uzorkovanje i ispitivanje motornog ulja je vršeno u toku pređenih 17 200 kilometara.

Na slici 9 prikazana je promena viskoznosti u toku ispitivanja. Vidljiv je pad viskoznosti tokom pređenih prvih 5000 km, a nakon ovog perioda viskoznost ostaje približno konstantna do kraja intervala izmene uljnog punjenja.



Sli. 9 – Promena viskoznosti motornog ulja tokom eksploatacije

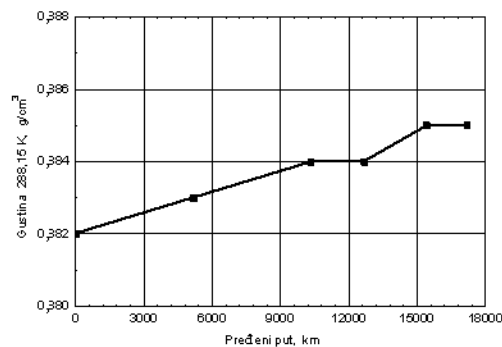


Sli. 10 – Promena TBN-a motornog ulja tokom eksploatacije

Na slici 10 prikazana je promena totalnog baznog broja (TBN). Totalni bazni broj predstavlja meru alkalnosti motornog ulja, tj. sposobnosti detergentnih ulja za neutralizacijom kiselih materija i zaštita motora pre i posle eksploatacije. Izražava se u količini miligrama kalijum-hidroksida potrebnih za neutralizaciju prisutnih slobodnih kiselina u jednom gramu ulja.

Do pređenih 15 000 km vrednost TBN-a nije prekoračila dozvoljene granice. Daljnjim korišćenjem motornog ulja pad vrednosti TBN-a bio je 57,85%, što je iznad dozvoljene granice od 50%. Posle pređenih 17 000 km ulje je zamenjeno, isključivo usled pada vrednosti TBN-a. Pad vrednosti TBN-a je, najverovatnije, posledica lošeg kvaliteta goriva (visok sadržaj sumpora) i brže degradacije ulja nakon pređenih 15 000 km, a može biti uzrokovan i nepotpunim sagorevanjem.

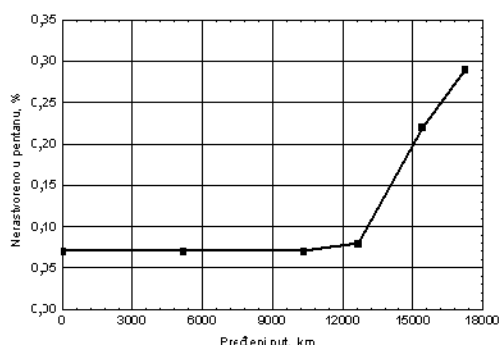
Na slici 11 prikazane su promene gustine motornog ulja tokom eksploatacije. Promena gustine je vrlo slabo izražena tokom celog perioda eksploatacije. Inače, porast gustine mineralnih ulja je u funkciji povećanja molekulske mase, zavisno od preovlađujućeg sadržaja određene vrste ugljovodonika. Na intenzivniji porast gustine utiče prisustvo sumpornih spojeva.



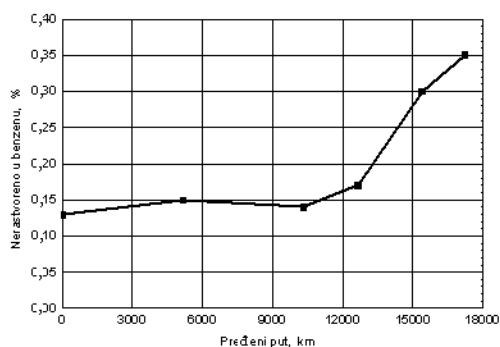
Sli. 11 – Promena gustine motornog ulja tokom eksploatacije

Sadržaj nerastvorenih materija u ulju je zanemarljiv u odnosu na dozvoljene vrednosti odstupanja (maksimalno nerastvorno u pentanu 0,29%, a dozvoljeno je do 3,5%; maksimalno nerastvorno u benzenu 0,35%, dozvoljeno je do 2,5%). Promene vrednosti nerastvornih materija u pentanu i benzenu grafički su prikazane na slikama 12 i 13.

Određivanje sadržaja gvožđa (slika 14) ukazuje na to da se habanje u tribo-mehaničkim sklopovima motora nalazi u okviru dozvoljenih granica, što pokazuje sadržaj gvožđa u ulju.



Slika 12 – Promena vrednosti nerastvorenih materija u pentanu tokom eksploatacije ulja

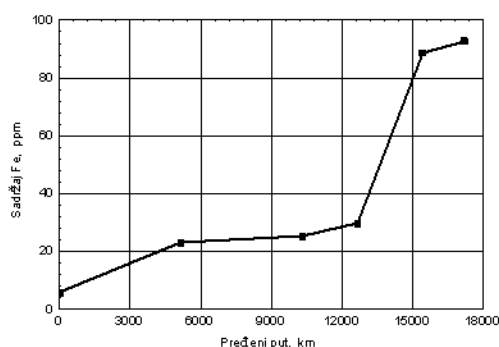


Slika 13 – Promena vrednosti nerastvorenih materija u benzenu tokom eksploatacije ulja

U uzorcima nije bilo pojave vode. Voda je nepoželjni kontaminat u ulju, koja zbog prenosa kiseonika iz vazduha ubrzava starenje ulja. Veće količine menjaju boju ulja u boju bele kafe do bele boje, a za više desetina procenata vode nastaje emulzija vode i ulja koja prelazi u pihlijastu masu.

Tačka paljenja je podatak koji pokazuje pri kojoj temperaturi dolazi do paljenja otvorenim plamenom pare koja se stvara zagrevanjem ulja i bitna je u pogledu sigurnosti u toku eksploatacije motora SUS. Najveći pad vrednosti tačke paljenja je 14 K, što je mnogo ispod dozvoljenih 20%, a ukazuje na to da nije

došlo do značajnijeg prodora goriva u sistem za podmazivanje (sistem za napajanje gorivom je ispravan i motor je u dosta dobrom stanju).

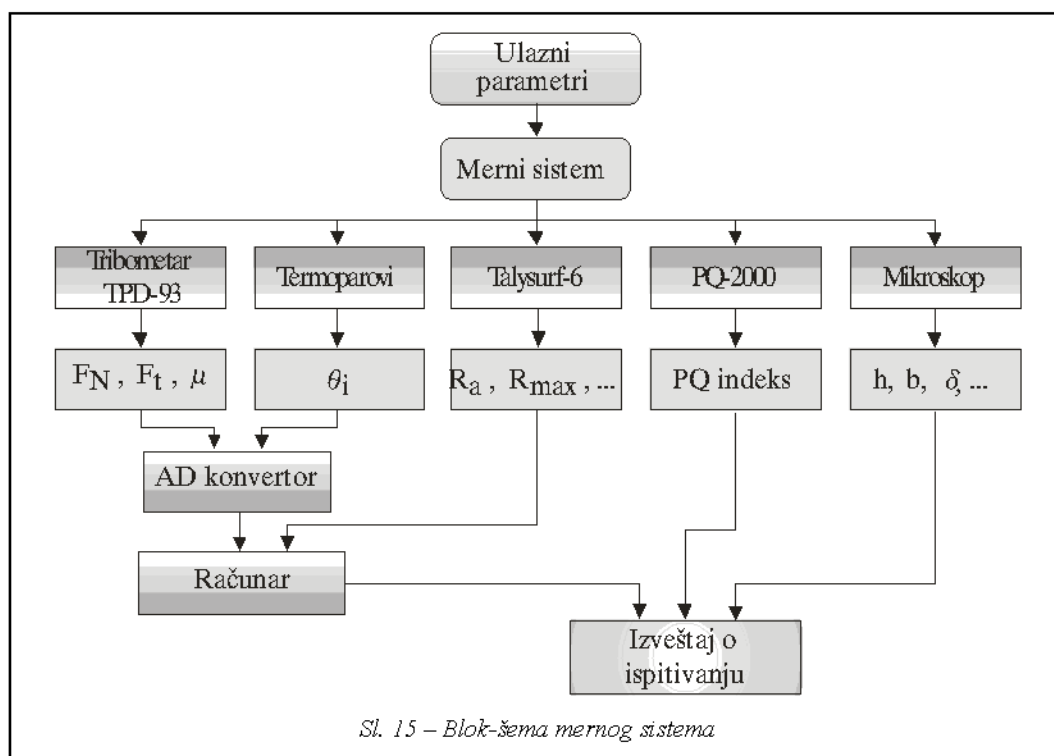


Slika 14 – Promena sadržaja gvožđa u motornom ulju tokom eksploatacije

Tribološke karakteristike

Tribomehanički sistem definisan je kontaktom dva elementa, dok je treći element mazivo. Proces se dešava u nekoj sredini. U okviru ovih ispitivanja posebno su interesantni uslovi kontakta elementa kod sklopova motora ili transmisije vozila. Da bi se realno posmatrali uslovi i realizovala tribološka istraživanja moraju se imati u vidu sledeći elementi u kojima funkcioniše tribomehanički sistem: vrsta kretanja (klizanje, kotrljanje i dr.), brzina relativnog kretanja, vrsta kontakta (u tački, po liniji, po površini i dr.), normalno opterećenje, temperatura sredine i vreme ostvarivanja kontakta, hrapavost i sastav površinskog sloja.

Tribološke karakteristike kojima se opisuju elementi u kontaktu su: sila trenja, koeficijent trenja, buka, vibracije, porast temperature, intenzitet habanja i debljina sloja maziva, učešće produkata habanja u mazivu, itd.



Na slici 15 prikazana je blok-šema najčešće korišćenog mernog lanca za ispitivanje triboloških karakteristika maziva, realizovan na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu.

Na slici 16 prikazan je najčešće korišćeni merni lanac za ispitivanje triboloških karakteristika maziva, realizovan na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu.

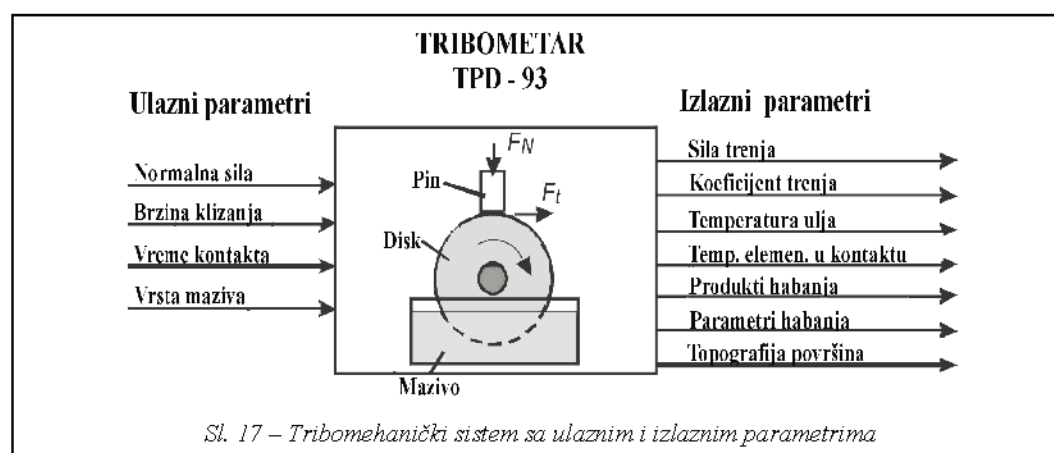
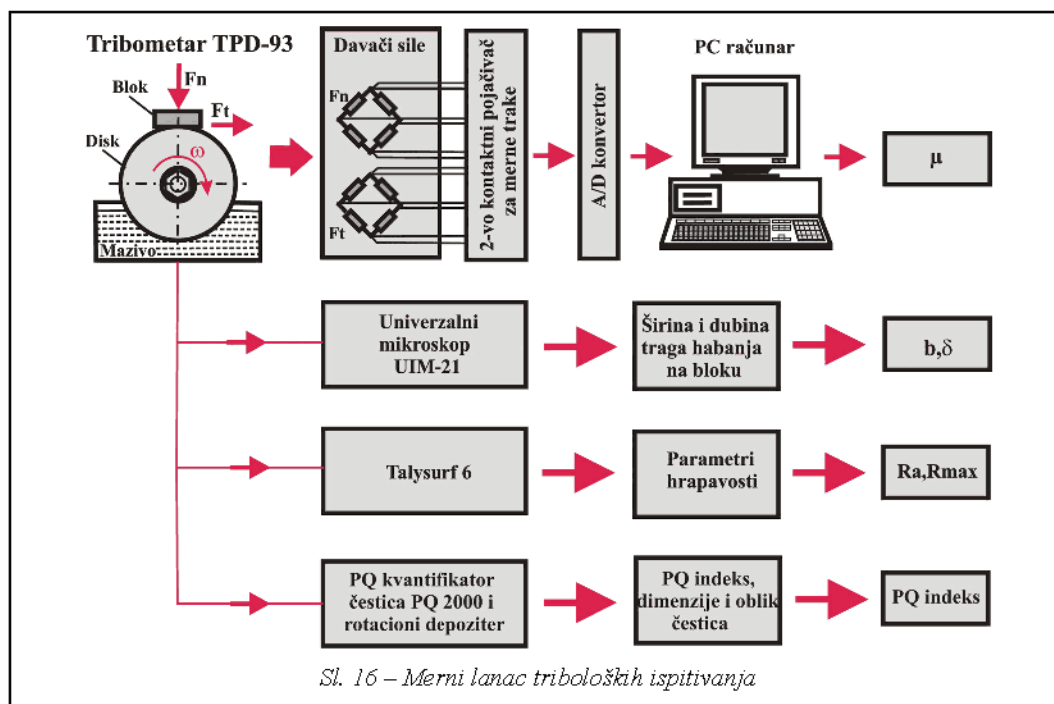
Na slici 17 prikazan je razmatrani tribomehanički sistem sa ulaznim i izlaznim parametrima.

Razvojem teorijskih postavki procesa habanja materijala razvijale su se i eksperimentalne metode za ispitivanje triboloških karakteristika. Ova ispitivanja spadaju u grupu laboratorijskih ispitivanja koja se obavljaju na specijalno konstruisanim uređajima *tribometrima*.

Ova ispitivanja najčešće se vrše zbog sledećih razloga:

- određivanje zavisnosti između otpornosti na habanje i fizičko-hemijskih i mehaničkih svojstava materijala u kontaktu sa ciljem proizvodnje materijala (elemenata u kontaktu ili maziva) sa unapred zadatim tribološkim svojstvima,
- utvrđivanje zakonitosti habanja materijala u funkciji radnih parametara (opterećenja, brzine klizanja), kao i radnih uslova (temperature, topografije i dr.),
- izbor optimalnih konstruktivnih i mazivih materijala i određivanje njihove međuzavisnosti.

Cilj ispitivanja u novije vreme je uspostavljanje korelacija rezultata ispitivanja fizičko-hemijskih karakteristika sa tribološkim karakteristikama za konkretna sredstva u eksploataciji.

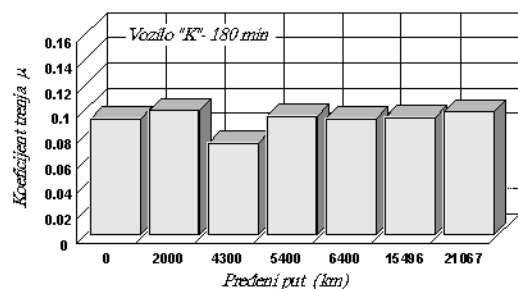


Realizovana ispitivanja, pri čemu je vršeno uzorkovanje ulja iz menjača vozila Vojske: TAM 2001, TAM T110 i TAM T130 koja su bila u eksploataciji, i odgovarajuća tribološka merenja na tribometru TPD-93, potvrdila su mogućnost identifikacije promena karakteristika elemenata menjača kao složenog tribomehaničkog sistema.

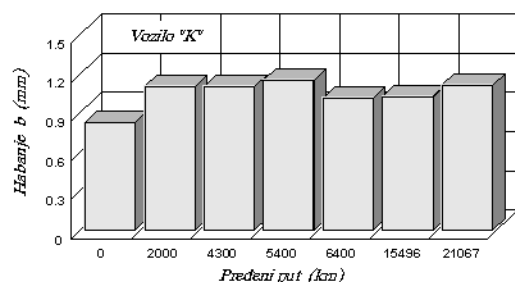
Na osnovu realizovanih ispitivanja dobijeni su odgovarajući histogrami promene koeficijenta trenja mereni nakon određenog vremena ostvarivanja kontakta na tribometru u zavisnosti od uzorka ulja, odnosno pređenog puta vozila, PQ indeksa i širine pojasa habanja PINa.

Na slikama 18, 19 i 20 prikazan je samo deo rezultata ispitivanja nekih ulja

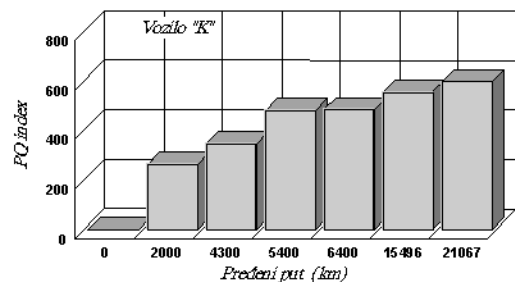
za podmazivanje menjača vozila. Pri ovim ispitivanjima korišćeno je ulje iz realnih sistema, odnosno iz motornih vozila koja su aktivno bila u upotrebi i prelazila određeni broj kilometara puta do uzimanja uzorka ulja.



Sl. 18 – Koeff. trenja meren nakon 180 min u zavisnosti od pređenog puta vozila



Sl. 19 – Zavisnost širine traga habanja b pina od pređenog puta vozila



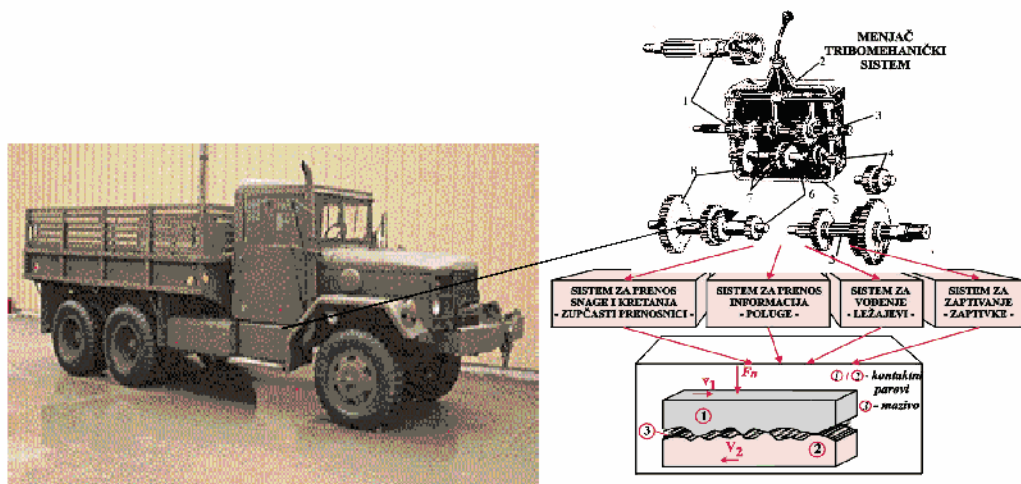
Sl. 20 – Zavisnost PQ indeksa od pređenog puta vozila

Zaključak

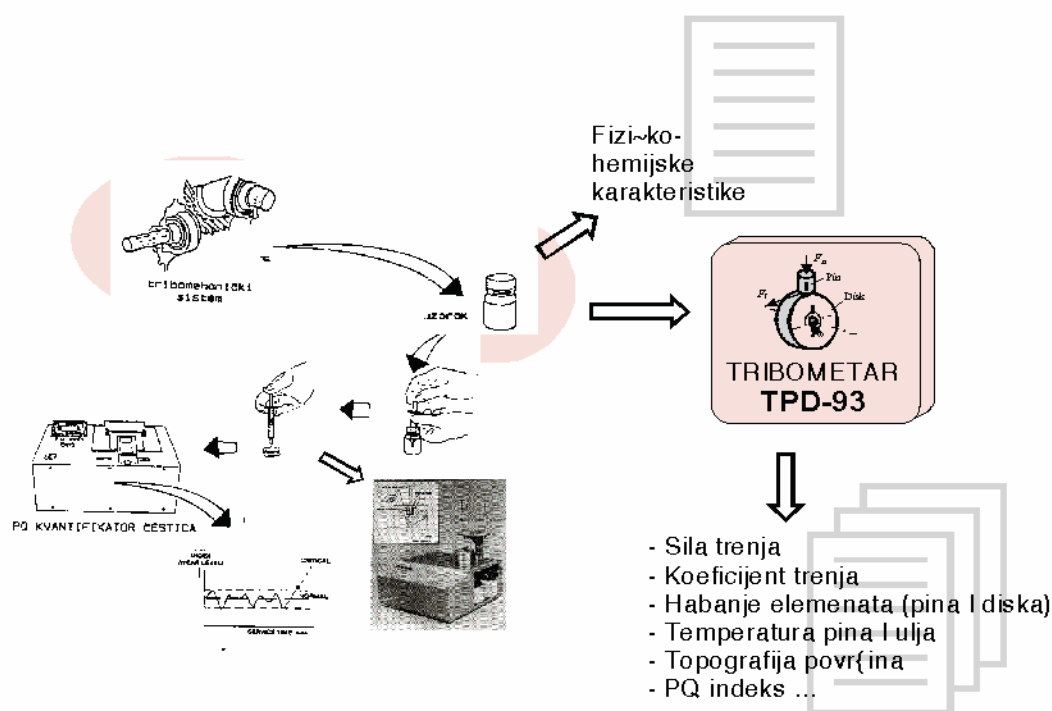
Razvijenom metodologijom ispitivanja, uz korišćenje opisane opreme, pokazano je da se ispitivanja u laboratorijskim uslovima mogu koristiti za identifikaciju karakteristika i stanja elemenata tribomehaničkih sistema. Ovakav pristup izučavanju triboloških procesa daje znatne prednosti u odnosu na ispitivanja u realnim uslovima. Međutim, može se primeniti u uslovima kada uzorkovanje ne remeti funkcionisanje realnog sistema. U ovom slučaju, to je uzorkovanje ulja za podmazivanje. Pomoću primenjenog metoda ispitivanja konstatovano je da dolazi do promena fizičko-hemijskih i triboloških karakteristika ulja za podmazivanje u motoru i menjaču stepena prenosa vozila. Ove promene su u direktnoj zavisnosti od stanja svih elemenata tribomehaničkog sistema, odnosno u zavisnosti od njihovih funkcionalnih karakteristika.

Literatura:

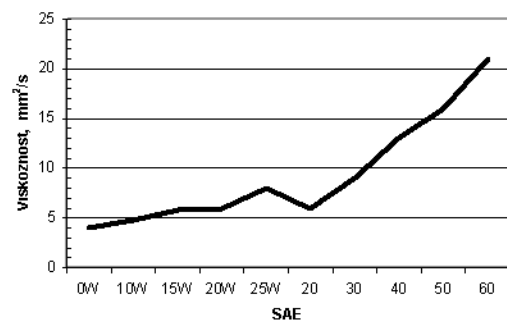
- [1] Ivković, B., Rac, A.: Tribologija, Jugoslovensko društvo za tribologiju, Kragujevac, 1995.
- [2] Rac, A.: Osnovi tribologije, Mašinski fakultet, Beograd
- [3] Pešić, Z., Nedić, B.: Razvoj modela za identifikaciju promena triboloških karakteristika ulja za podmazivanje menjača vozila, YUMO '98, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1998.
- [4] Pešić, Z.: Identifikacija triboloških procesa u menjaču vozila sa aspekta optimalnog održavanja, doktorska disertacija u rukopisu, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1998.
- [5] Pešić, Z., Perić, S., Kršmanović, M.: Promena fizičko-hemijskih karakteristika motornog ulja tokom eksploatacija sa aspekta dijagnostike stanja, Yutrib 05. Kragujevac 2005.



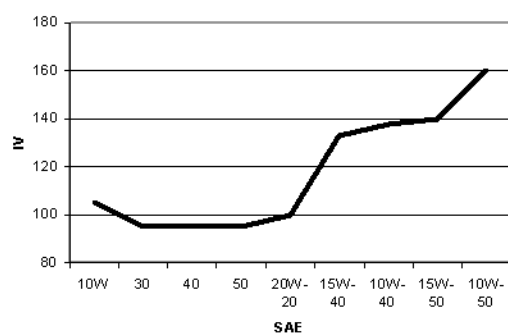
Sl. 1 – Motorno vozilo i menjač kao skup složenih tribomehaničkih sistema



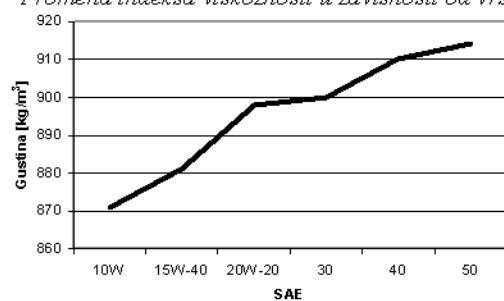
Sl. 2 – Model ispitivanja karakteristika ulja u toku eksploatacije



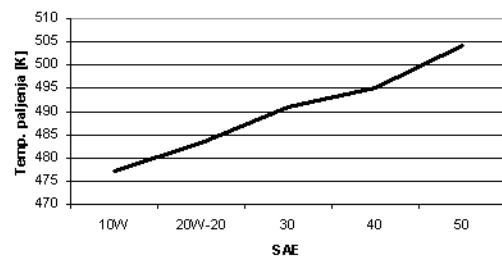
Sl. 3 – Promena viskoznosti u zavisnosti od vrste ulja



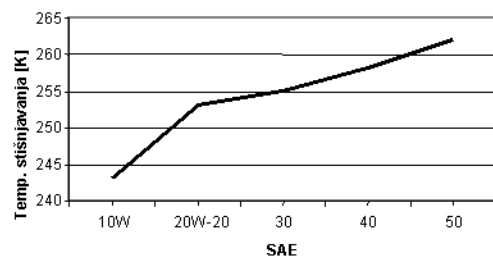
Sl. 4 – Promena indeksa viskoznosti u zavisnosti od vrste ulja



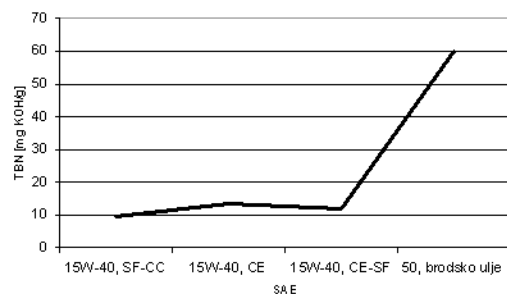
Sl. 5 – Gustina ulja na 288,15 K za različite vrste ulja



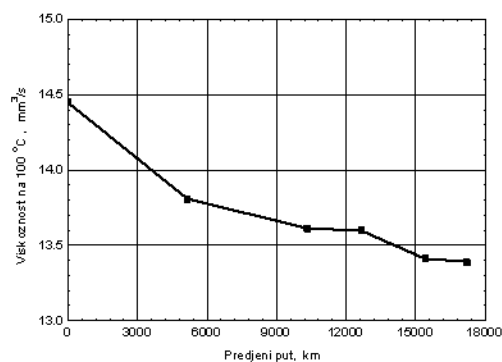
Sl. 6 – Temperature paljenja za neke vrste ulja



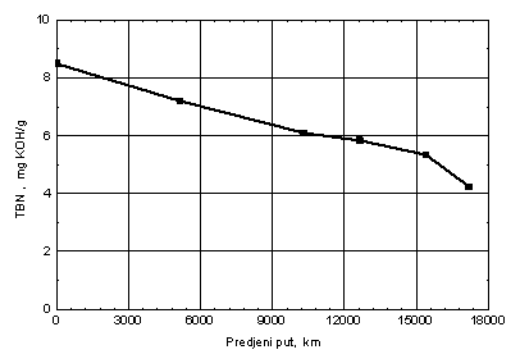
Sl. 7 – Temperature stišnjavanja za neke karakteristične vrste ulja



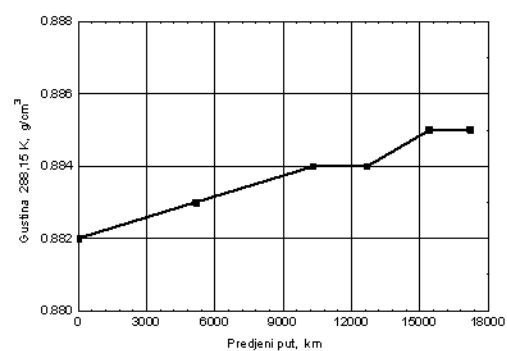
Sl. 8 – Prikaz baznosti u jednoj vrsti ulja različitog kvaliteta



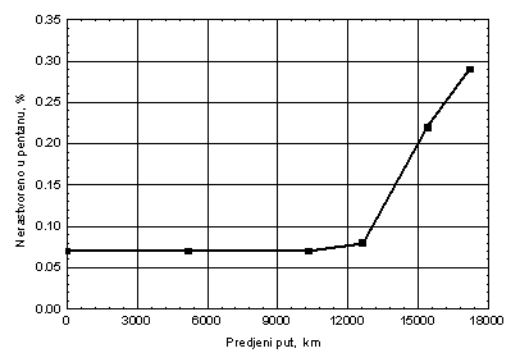
Sl. 9 – Promena viskoznosti motornog ulja tokom eksploatacije



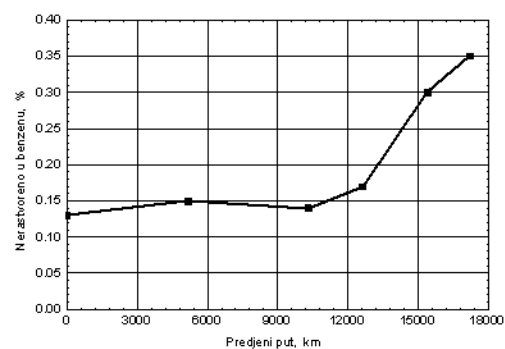
Sl. 10 – Promena TBN-a motornog ulja tokom eksploatacije



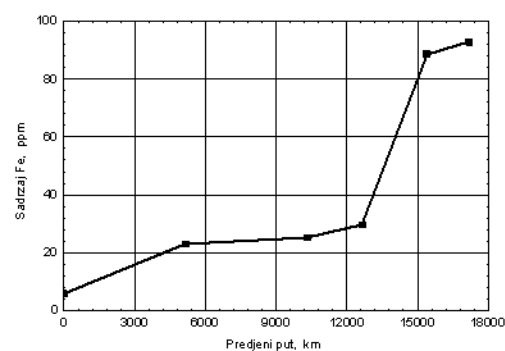
Sl. 11 – Promena gustine motornog ulja tokom eksploatacije



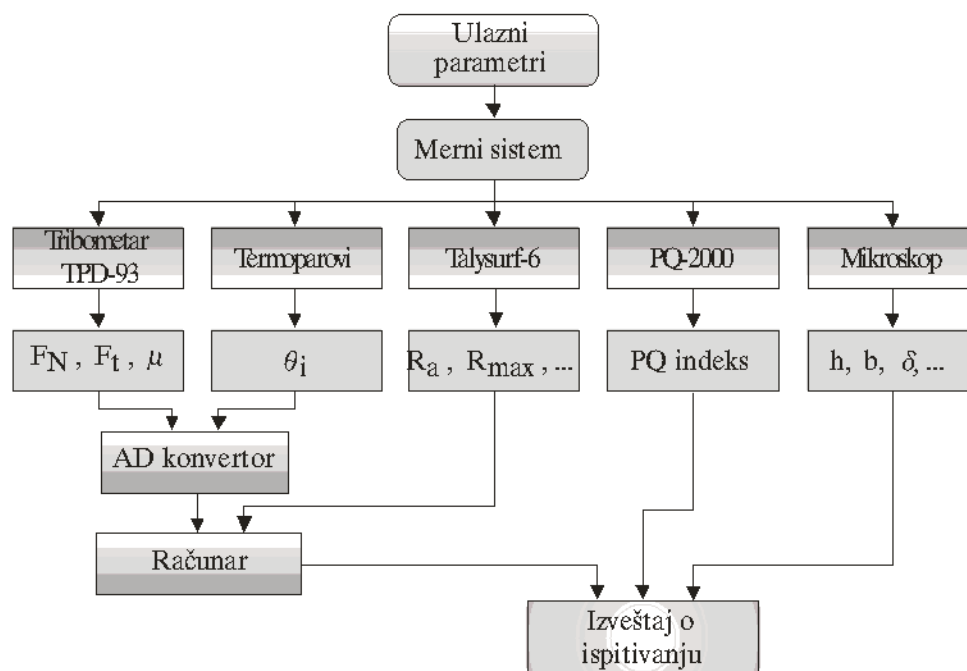
Sl. 12 – Promena vrednosti nerastvorenih materija u pentanu tokom eksploatacije ulja



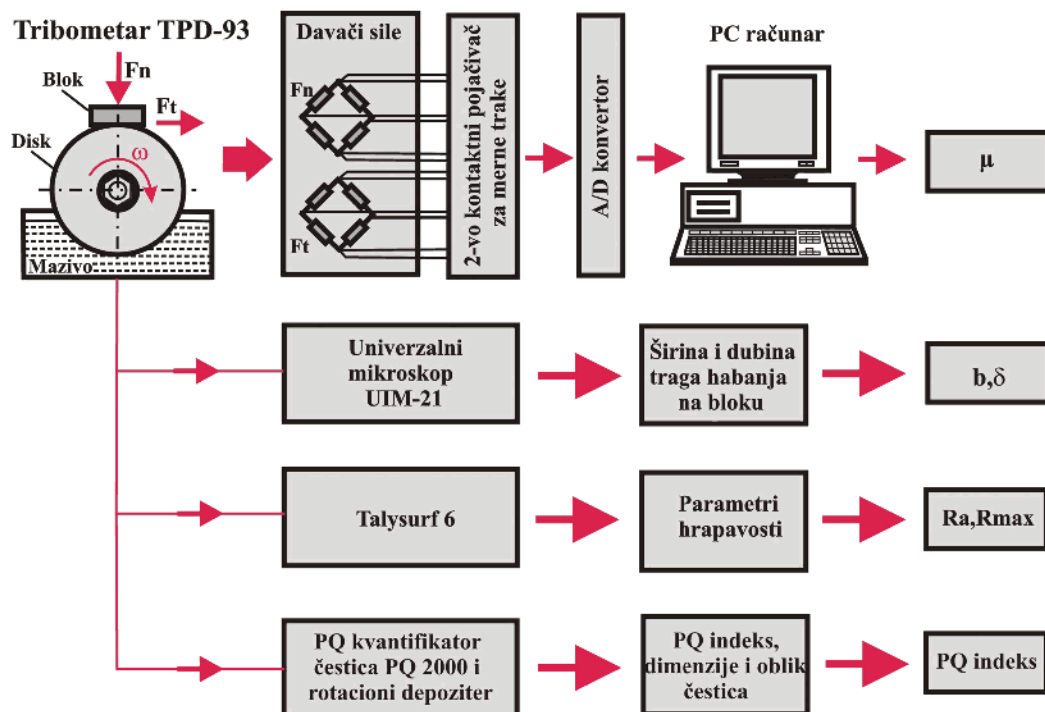
Sl. 13 – Promena vrednosti nerastvorenih materija u benzenu tokom eksploatacije ulja



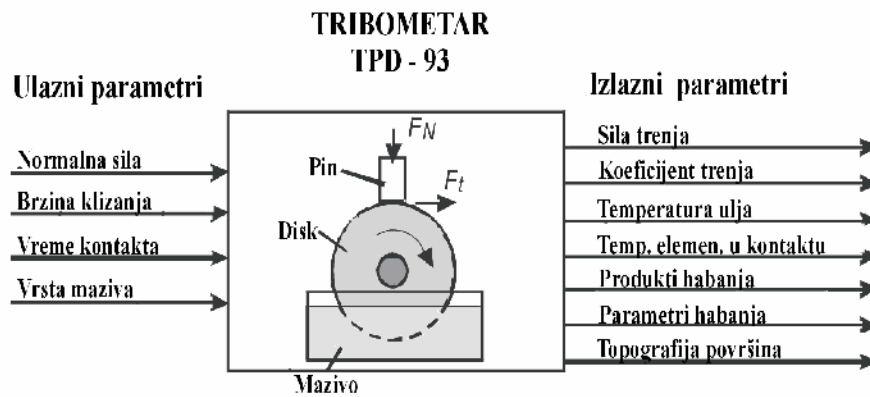
Sl. 14 – Promena sadržaja gvožđa u motornom ulju tokom eksploatacije



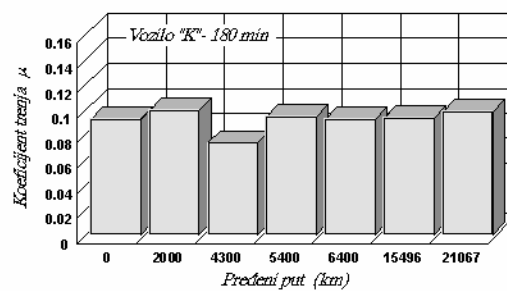
Sl. 15 – Blok-šema mernog sistema



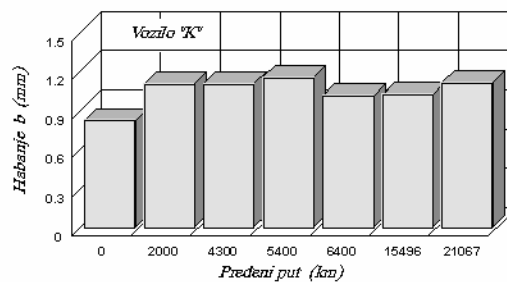
Sl. 16 – Merni lanac triboloških ispitivanja



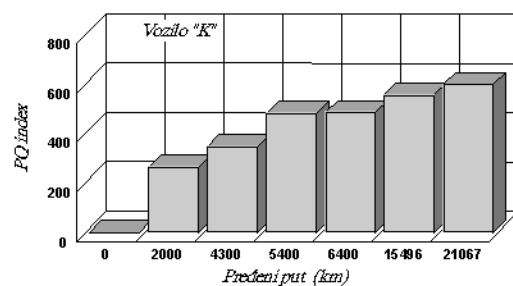
Sl. 17 – Tribomehanički sistem sa ulaznim i izlaznim parametrima



Sl. 18 – Koeficijent trenja meren nakon 180 min u zavisnosti od pređenog puta vozila



Sl. 19 – Zavisnost širine traga habanja b pina od pređenog puta vozila



Sl. 20 – Zavisnost PQ indeksa od pređenog puta vozila

Mr Slavko Rakić,
kapetan, dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd

ANALIZA PRIMENE TEČNOG NAFTNOG GASA KAO POGONSKOG ENERGENTA MOTORA SUS

UDC: 62-634.2 : 621.43

Rezime:

U svetu su izražene tendencije razvoja motornih vozila koja koriste ekološki čista i dovoljno raspoloživa goriva. Jedan od načina rešavanja aktuelnih zadataka automobilske industrije jeste korišćenje alternativnih goriva, odnosno alternativnih energetske potencijala. U radu je analiziran tečni naftni gas (TNG) kao alternativno gorivo za pogon motornih vozila. Nakon iznošenja osnovnih fizičko-hemijskih karakteristika TNG-a i analize upotrebe gasa kao pogonskog goriva motora SUS, prikazane su i komponente sistema za pogon motora na TNG. Navedeni su i primeri razvijenih zemalja koje pokušavaju da povećaju procenat primene alternativnih goriva u drumskom saobraćaju. Analizirani su, takođe, osnovni pokazatelji motora (snaga, ekonomičnost i ekološke karakteristike) pri pogonu na TNG, koji potvrđuju da je ovo gorivo ekonomičnije i ekološki čistije od benzina i dizel goriva.

Ključne reči: tečni naftni gas, alternativna goriva, performanse motora.

ANALYSIS OF APPLICATION OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS AS AN IC ENGINE FUEL

Summary:

Global trends in automotive industry worldwide include development of environment-friendly vehicles which use 'clean' and attainable fuels. Alternative fuels and alternative energy sources represent one solution to the problem. In this paper Liquefied Petroleum Gas (LPG) is analyzed as an alternative fuel for motor vehicle engines. After bringing up basic physical and chemical properties of LPG and the analysis of gas usage as a fuel for internal combustion engines, the general picture of the system components for LPG engine fuels is given. The paper also presents examples of how developed countries try to increase the percentage of alternative fuel usage in the road transportation. Finally, the analysis of the main LPG-powered engine indicators (power, economical and environmental properties) confirms that LPG is more economical and more environment-friendly than standard engine fuels.

Key words: Liquefied Petroleum Gas, alternative fuels, engine properties.

Uvod

Brzi razvoj motorizacije, sve stroži ekološki zahtevi, kao i činjenice da su rezerve fosilnih goriva ograničene, neminovno je doveo i do preispitivanja koja vrsta goriva za motorna vozila, pored dobro poznatog benzina i dizela, mogu zadovoljiti sve oštrije ekološke i bezbedo-

nosne zahteve i tako omogućiti prihvatljiv dalji razvoj drumskog saobraćaja. Pod alternativnim gorivom se, u širem smislu, smatraju goriva koja su u stanju da zamene postojeća klasična goriva za pogon motornih vozila, kao što su motorni benzin i dizel gorivo.

Pažnja se usmerava na različita alternativna goriva: propan-butan, u javno-

sti poznat kao tečni naftni gas (TNG), metanol, etanol, biogas, bio-dizel gorivo i metan, tj. prirodni gas. Kao rešenje za dalju budućnost posebno se istražuje i vodonik koji, gledano sa više aspekata, ima najbolje karakteristike.

Za pogon automobilskih motora, i pored pokušaja primene drugih alternativnih goriva, još uvek dominiraju (sa udelom od preko 98%) goriva fosilnog porekla dobijena frakcionom destilacijom nafte. Prema evropskim planovima razvoja, alternativna goriva trebalo bi da učestvuju u ukupnoj potrošnji goriva u 2020. godini sa 20% [3].

Tečni naftni gas postao je jedno od najvažnijih alternativnih goriva na globalnoj automobilske scene i jedan od najvažnijih faktora za modifikaciju motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Sve većim zahtevima za očuvanjem prirode i rigoroznijim normama koncentracije štetnih gasova u vazduhu, TNG bi trebalo da postane jedno od primarnih goriva u auto-industriji, tako da je ekološka preporuka da se TNG svrsta među prioriteta alternativna goriva. Stoga, mnoge evropske zemlje već sada pružaju zakonske olakšice vlasnicima automobila sa pogonom na TNG.

Tečni naftni gas

Tokom destilacije nafte dolazi do izdvajanja pojedinih ugljovodonika (C_nH_m) različite strukture i različitog odnosa ugljenika i vodonika, počev od najlakših frakcija (sa jedan do dva atoma ugljenika C u molekulu ugljovodonika – kao što su metan CH_4 i etan C_2H_6), preko srednjih (kao što su heptan C_7H_{16}

i oktan C_8H_{18}) i teških frakcija (kao što je cetan $C_{16}H_{32}$), do najtežih (kao što su ugljovodonici koji čine mazut). Ugljovodonici između lakih i srednjih frakcija (kao što su propan C_3H_8 i butan C_4H_{10}), na atmosferskom pritisku i normalnoj temperaturi od oko $20^\circ C$, nalaze se u gasovitom stanju, ali pri nešto nižoj temperaturi ili pri nešto višem pritisku u rezervoaru ostaju u tečnom stanju. Mešavine tih frakcija čine tzv. tečne naftne gasove.

Naziv „tečni naftni gas“ ili na engleskom „Liquefied Petroleum Gas“ (LPG), koristi se za komercijalnu mešavinu propana i butana u različitim odnosima, pa se pored toga često naziva i propan-butan gas. Pored ovih zasićenih ugljovodonika (tzv. parafina) u mešavini koja čini tečni naftni gas nalaze se i primese drugih ugljovodonika, pre svega nezasićeni ugljovodonici (tzv. olefini) propilen C_3H_6 i butilen C_4H_8 , kao i izomeri ovih ugljovodonika. Tečni naftni gas dobijen izdvajanjem iz prirodnog gasa (na ovaj način se dobija približno 60% svetske proizvodnje TNG) uglavnom poseduje ugljovodonike parafinskog tipa, dok TNG dobijen preradom nafte (približno 40% svetske proizvodnje) ima i nezasićene ugljovodonike. Tačan sastav komercijalnog TNG zavisi ne samo od načina dobijanja, već i od željenih karakteristika mešavine, odnosno temperaturnih uslova eksploatacije motora. Za niže temperature i hladnije regione, pogodniji je naravno propan (zbog lakše isparljivosti) i obrnuto. Zbog toga odnos propana i butana u TNG može biti različit. U našoj zemlji taj odnos je približno 50:50.

Fizičko-hemijske karakteristike TNG-a

Tečni naftni gas je bezbojan, veoma zapaljiv i eksplozivan gas, karakterističnog mirisa. Smeša propana i butana je gotovo dva puta teža od vazduha. Spada u grupu običnih zagušljivaca, jer svojim prisustvom istiskuje kiseonik. Nije otrovan, ali u većim koncentracijama u vazduhu deluje kao anestetik i čak može da prouzrokuje gušenje usled nedostatka kiseonika. Posebno treba biti oprezan da TNG ne dođe u dodir sa kožom, jer će, usled intenzivnog isparavanja na koži, lokalno prouzrokovati promrzline. Vrlo je agresivan, tako da izaziva degradacije gume i plastike. Zato se pri formiranju gasne instalacije mora voditi računa o izboru materijala. Sa vazduhom stvara eksplozivne smeše koje se lako mogu zapaliti u prisustvu otvorenog plamena. Granice eksplozivnosti u zapreminskim procentima gasa sa vazduhom za propan iznose od 2,1 do 9,5 a za butan od 1,9 do 8,5. Donja granica eksplozivnosti za smešu propan-butan (35:65) iznosi 2%, a gornja 9% relativnog zapreminskog prostora. Tečni naftni gas burno sagoreva, oslobađajući ugljen-dioksid i vodenu paru, pri čemu se oslobađa i velika količina toplote. Najviša temperatura plamena sagorevanja smeše propana i butana sa vazduhom je oko 1900°C.

Jedna od glavnih karakteristika butana i propana je pritisak pare koja je u ravnoteži sa tečnošću u zatvorenom prostoru, npr. pritisak pare butana je 0,005 bara na 0°C i 0,8 bara na 15°C, dok je pritisak pare propana 4 bara i 5–6 bara, respektivno. Druga veoma bitna karakteristika po kojoj se ova dva gasa razlikuju

je tačka ključanja, tj. temperature na kojoj iz tečnog stanja, butan i propan prelaze u gasovito. Propan prelazi u tečno agregatno stanje na -43°C , dok butan prelazi u tečno agregatno stanje na 0°C .

Ukoliko se TNG koristi za široku potrošnju, dodaje mu se etil-merkaptanom, organsko jedinjenje koje sadrži sumpor, tako da se veoma male koncentracije gasa u vazduhu mogu identifikovati putem čula mirisa. Maksimalno dozvoljena koncentracija u radnoj okolini za propan iznosi 1800 mg/m^3 , a za butan 1900 mg/m^3 .

Kod potpunog sagorevanja TNG-a produkti sagorevanja su ugljen-dioksid (CO_2) i vodena para (H_2O) uz oslobađanje određene količine toplote. Za potpuno sagorevanje potrebna je tačno određena količina kiseonika, odnosno vazduha i takav vid sagorevanja nazivamo stehiometrijski. Tablični podaci govore da je za sagorevanje 1 kg propana potrebno $12,15\text{ m}^3$ vazduha, a butana $12,02\text{ m}^3$. Donja toplotna moć propana je $46,3\text{ MJ/kg}$, a butana $45,7\text{ MJ/kg}$.

Tečni naftni gas koristi se kao pogonsko gorivo u industriji i domaćinstvu, a poslednjih godina se sve više koristi kao pogonsko gorivo za motorna vozila. Zato ga mnogi nazivaju autogas i smatraju ga idealnim gorivom za pogon motornih vozila, jer ne stvara taloge u radnom prostoru motora, poseduje oktanski broj mnogo veći od oktanskog broja benzina, ima nižu tačku isparenja, pa se bolje meša sa vazduhom i ima širu granicu upaljivosti, što pre svega omogućava rad motora sa znatno siromašnijom smešom. Veoma značajna prednost TNG-a u odnosu na klasična goriva je i činjenica da izduvni gasovi (produkti sagorevanja)

TNG-a znatno manje degradiraju životnu okolinu. Znatno je jeftiniji od benzina i produžava radni vek motora, jer ne stvara koroziju koja, inače, nastaje usled prisustva aditiva dodatih benzinu radi poboljšanja njegovih osobina. Takođe, ne stvara kondenzaciju goriva po zidovima cilindra.

Primena TNG-a na vozilima sa stanovišta bezbednosti

Ipak, bez obzira na mnoge prednosti TNG-a u odnosu na klasična goriva, postoje predrasude i verovanja da je TNG veoma opasno gorivo. Tačno je da je rizičnija i otežana manipulacija, distribucija i uskladištenje TNG-a u odnosu na dizel gorivo i benzin. Sve to zahteva poznavanje osnovnih karakteristika mešavine propana i butana i striktnu primenu mera bezbednosti. Primenom tih mera u potpunosti se otklanja rizik, jer je radni pritisak u rezervoaru u normalnim okolnostima malo viši od pritiska u bojleru za toplu vodu. Na rezervoaru se obavezno nalazi sigurnosni ventil preko koga se ispušta gas iz rezervoara van vozila, kada pritisak u rezervoaru prelazi dozvoljeni nivo. Protok gasa kroz ovaj ventil je ograničen. Zato, u slučaju požara, kada se rezervoar zagreva, neće doći do eksplozije, već će gas postepeno isticati. Za razliku od rezervoara za TNG, rezervoar za benzin vrlo lako eksplodira na povišenim temperaturama usled prisustva pare benzina. Rezervoari se prave od specijalnog čeličnog lima debljine 3 do 4 mm, specijalnog anatomskog oblika u obliku valjka, koji je gotovo nemoguće deformisati pri sudarima.

Eksplozija autogasa je moguća samo pri koncentraciji gasa od 2 do 9% relativnog zapreminskog prostora, što je praktično nemoguće postići na otvorenom prostoru gde se automobil kreće. Ako se ošteti cevovod za benzin, ovo veoma isparljivo i zapaljivo gorivo nesmetano isticke za razliku od TNG-a, jer postoje ugrađeni ventili sigurnosti koji će sprečiti isticanje gasa u slučaju oštećenja cevovoda od rezervoara do motora.

Eksplozivna smeša TNG-a i vazduha može se stvoriti u malom zatvorenom prostoru u koji se parkiraju vozila koja koriste ovo gorivo. To se posebno odnosi na male, neprovetravane, posebno podzemne garaže. Ova opasnost uspešno se odstranjuje sa samo dva otvora za prirodnu ventilaciju u donjem delu nadzemnih garaža ili ugradnjom elektroventila novije generacije koji će sprečiti gubitak gasa kada se motor isključi.

Primena TNG-a kao pogonskog goriva za motore SUS

Da bi TNG mogao da se koristi za pogon motora SUS potrebno je da zadovoljava određene zahteve u smislu kvaliteta, kako bi motori mogli kvalitetno da obavljaju svoju funkciju. Načelno, karakteristike koje određeno gorivo mora da zadovolji, date su u sledećim crtama:

- velika brzina sagorevanja,
- visoka energetska svojstva, visoka donja toplotna moć (H_d),
- lako obrazovanje smeše na svim radnim režimima, a naročito pri niskim temperaturama,
- povoljne antidetonacione karakteristike,

- gorivo mora biti hemijski stabilno i ne sme izazivati koroziju,
- ne sme posedovati sastojke koji pri sagorevanju proizvode štetne i toksične komponente,
- mora biti pogodno za skladištenje i manipulaciju,
- mora imati ekonomski prihvatljivu cenu.

Uzimajući u obzir činjenice iz uvodnog dela, kao i one koje će kasnije biti obrađene, zaključak je da TNG predstavlja jednu od najpovoljnijih varijanti za pogon motora SUS. Treba naglasiti da prethodne karakteristike u potpunosti ne može zadovoljiti nijedna vrsta pogonskog goriva.

Primena tečnog naftnog gasa u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem vrlo je pogodna iz sledećih razloga:

- brzo i lako se meša sa vazduhom, pa jednostavno obrazuje smešu potrebnih karakteristika,
- kvalitetno sagorevanje smeše pri različitim radnim uslovima (sagorevanje bez dima, taloga i neprijatnih mirisa),
- produkti sagorevanja imaju povoljan sastav, čak i u pogledu emisije CO₂, koja je, takođe ograničena najnovijim zakonskim propisima,
- poseduju visoku otpornost na detonaciju, pa dopuštaju rad sa višim stepenima kompresije, što je značajno za primenu u benzinskim motorima,
- u normalnim uslovima nalaze se u gasnom stanju, pa ne stvaraju kondenzat, tako da ne postoji opasnost od razređivanja ulja za podmazivanje,
- niska cena komercijalnog TNG-a za vozila čini ga veoma atraktivnim, kako za komercijalni, tako i za privatni saobraćaj i omogućava veoma brzi povratak sredstava uložених u dopunsku nadgradnju vozila.

braćaj i omogućava veoma brzi povratak sredstava uložених u dopunsku nadgradnju vozila.

Pored iznetih prednosti primene TNG-a na motorima SUS, postoje i određeni nedostaci pri primeni ovog energenta. To su:

- gubitak efektivne snage motora,
- otežana manipulacija, distribucija i uskladištenje ovog energenta,
- neophodna veća opreznost u eksploataciji pri radu sa TNG-om,
- smanjenje smeštajnog prostora vozila, kao i povećanje njegove mase zbog instalacije sistema za pogon na TNG.

Veći deo vozila koja koriste TNG su laka vozila i to, pre svega, vozila koja su dobijena nadogradnjom postojećih benzinskih motora sistemom za pogon na TNG. U tom slučaju oto motor zadržava sistem obrazovanja smeše benzinom (bilo karburacijom bilo ubrizgavanjem benzina), dok se motoru dodaje sistem za obrazovanje smeše sa TNG-om. Ako je benzinski motor sa karburatorom, sistem za doziranje čini mešač, koji se ugrađuje ispred, iza ili u sam karburator, i koji vrši pneumatsko odmeravanje količine doziranog gasa na sličan način kao i sam karburator. Ako je benzinski motor sa ubrizgavanjem benzina, TNG se dozira preko posebnih „brizgača“, dok se količina doziranog goriva odmerava pomoću elektronsko-upravljačke jedinice. Uglavnom, sva su ta vozila izrađena u tzv. bi-fuel (dvogorivoj) verziji, odnosno mogu kao pogonsko gorivo da koriste benzin ili TNG. Istovremen rad sa oba goriva (duži od 5 sekundi) nije predviđen.

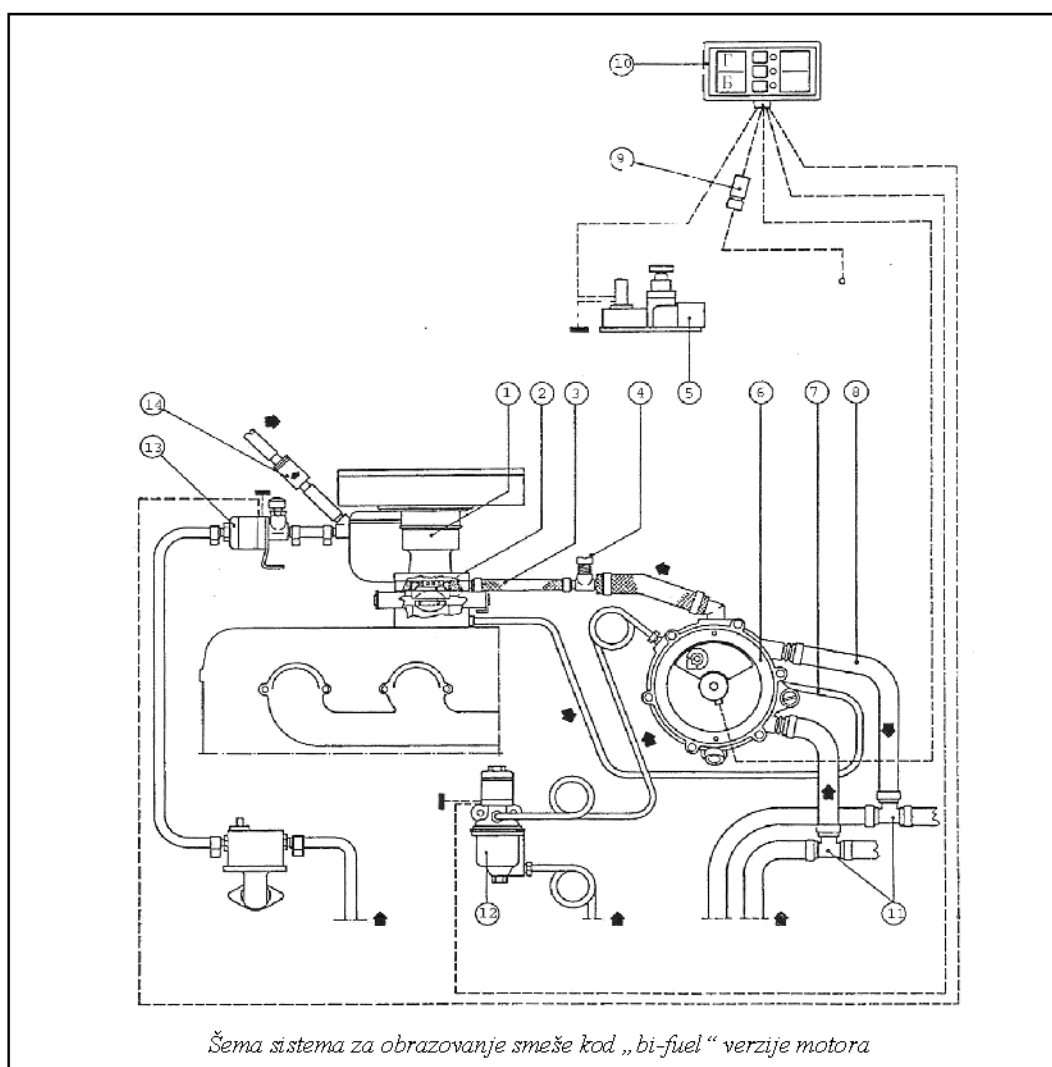
Pored izuzetno masovne postprodajne ugradnje sistema koji omogućava-

ju korišćenje TNG-a kao pogonskog energenta vozila sa benzinskim motorima, vodeći svetski proizvođači automobila (Renault, Vauxhall, Ford, Volvo, Fiat, Daimler Crysler, GM i Rover) sa svojih proizvodnih traka isporučuju vozila sa već fabrički implementiranim sistemom na TNG i benzin. Tada je sistem za obrazovanje smeše optimalno fabrički podešen i performanse motora su najbolje.

Komponente sistema za obrazovanje smeše sa TNG-om

Jedan od sistema za obrazovanje smeše sa benzinom i TNG-om primenjen kod „bi-fuel“ verzije motora šematski je prikazan na slici.

Tečni naftni gas u tečnom stanju nalazi se u rezervoaru. Gas je pod određenim pritiskom, koji varira u zavisnosti od spoljne temperature i od količine gasa u rezervoaru. Radni pritisak gasa u rezervo-



aru kreće se od 6 do 10 bara. Rezervoar se konstruiše i izrađuje po odgovarajućem standardu (JUS M.Z2.570 iz 1984. godine), kako bi se povećala bezbednost sistema sa TNG-om. Iako je prema pomenutom standardu dozvoljena izrada rezervoara cilindričnog oblika, na tržištu se sreću i rezervoari u obliku rezervnog točka. Rezervoari se pune gasom do 80% svoje zapremine, dok preostalih 20% zapremine predstavlja neophodnu rezervu u slučaju širenja gasa na povišenim spoljnim temperaturama. Rezervoari koji se koriste u vozilima obavezno moraju imati odgovarajuću pločicu utvrđenu na spoljnoj strani rezervoara, kojom se potvrđuje da je izvršeno atestiranje rezervoara.

Tečni naftni gas pod pritiskom u tečnom stanju, kroz bakarnu cev, dolazi do isparivača (6) koji je ujedno i reduktor. Isparivač je crevima povezan sa sistemom hlađenja motora, tako da topla tečnost iz motora neprekidno struji oko njega i zagreva tečni gas koji isparava. Za ovaj proces je, dakle, potrebno obezbediti toplotu, s obzirom na to da svaka tečnost tokom procesa isparavanja oduzima toplotu od okoline. Može se zaključiti da reduktor-isparivač (6) ima zadatak da omogućiti isparavanje tečnog gasa i njegovo zagrevanje do određene temperature, kao i smanjivanje pritiska gasa iz rezervoara na pritisak potreban za napajanje motora dovoljnom količinom gasa. Pritisak se smanjuje na oko 0,8 bara.

Elektromagnetni ventil za gas (12) je ventil čiji je zadatak da otvara i zatvara dovod TNG-a iz rezervoara prema komandama birača goriva – komutatora. Elektromagnetni ventil za benzin (13) instalira se na vodu između pumpe niskog pritiska za benzin i karburatora. Njegova

uloga je da spreči dotok benzina u lonče karburatora kada motor radi na gas. Princip rada je isti kao i kod ventila za gas.

Komutator – prekidač (10) je električni komandni uređaj, čija je glavna funkcija da omogućava odabir pogonskog goriva (gas ili benzin) i u pojedinim izvedbama ima opciju pokazivanja nivoa goriva u rezervoaru pomoću svetlećih dioda. Ovaj deo sistema postavlja se na odgovarajućoj poziciji instrument-table, na pregledno i lako pristupačno mesto.

Iz isparivača gas se odvodi u tzv. mešač koji se nalazi na grlu karburatora ili na usisnoj grani, ispred leptira. Iz njega se gas raspršuje u karburator ili u usisnu granu, posle čega se obrazuje smeša goriva i vazduha. Izbor mešača vrši se prema konkretnom motoru, kako bi se obezbedilo adekvatno napajanje motora gorivom. Dakle, mešači ili mikseri (2) su uređaji koji omogućavaju mešanje gasa i vazduha, odnosno pripremanje smeše za sagorevanje u radnom prostoru motora.

Analiza primene TNG-a sa aspekta razvijene snage, ekonomičnosti i toksičnosti izduvne emisije motora

Tri osnovna pokazatelja motora, od kojih zavisi njihova upotreba su: snaga (koju motor preko zamajca predaje potrošaču), ekonomičnost i toksičnost izduvnih gasova.

U razvijenim sredinama ekologija je osnovni razlog ugradnje sistema sa TNG-om u motorna vozila. Ipak, ne treba zaboraviti ni ekonomske prednosti kada je u pitanju niža cena pogonskog energenta, koja će zasigurno biti od odlučujućeg značaja za većinu vozača.

Karakteristika snage motora pri pogonu na TNG

Indicirana snaga motora (P_i) je snaga koju motor razvija u svojim cilindrima za vreme radnih ciklusa, dok je efektivna snaga motora (P_e) snaga koju motor razvija na svom izlaznom vratilu (ili zamajcu) i koju potrošač može efikasno iskoristiti. Efektivna snaga motora je manja od indicirane snage motora za deo indicirane snage koji se troši na savlađivanje unutrašnjih mehaničkih gubitaka u motoru. Taj deo indicirane snage koji se nepovratno gubi predstavlja snagu mehaničkih otpora motora (P_m).

Ako se posmatra izraz (1) za efektivnu snagu motora (P_e) vidi se da je P_e direktno proporcionalna srednjem efektivnom pritisku (p_e), radnoj zapremini motora (V_h) i broju obrtaja motora (n), a obrnuto proporcionalna taktnosti motora (τ).

$$P_e = \frac{p_e \cdot V_h \cdot n}{300\tau} \quad (1)$$

Teorijski gledano, povećanje snage je moguće povećanjem jednog od navedenih proporcionalnih faktora. Međutim, u praksi je povećanje veličina nekih faktora limitirano bilo konstrukcijom motora, bilo upotrebljenim materijalima, bilo elementima koji određuju veličinu prostora motora, odnosno njegovu cenu. Jedna od mogućnosti za povećanje snage motora je u povećanju srednjeg efektivnog pritiska. Srednji efektivni pritisak, odnosno razvijeni efektivni rad na zamajcu po jedinici radne zapremine predstavlja se sledećim izrazom:

$$p_e = \eta_m \cdot \rho_s \cdot \eta_v \cdot \frac{\eta_i}{\lambda} \cdot \frac{H_d}{L_{min}} \quad (2)$$

Dakle, parametri koji utiču na srednji efektivni pritisak, a time i na efektivnu snagu motora su:

1. Odnos donje toplotne moći H_d prema minimalnoj teoretskoj količini vazduha, neophodnoj za potpuno sagorevanje L_{min} , približno je konstantan za ugljovodonična goriva, jer gorivo veće toplotne moći poseduje i veću teorijsku potrebnu količinu vazduha. Pri poređenju ovog odnosa između ugljovodoničnih goriva, kao što su benzin i TNG, mala prednost ovog odnosa ide na stranu TNG-a. Međutim, prednost nije toliko velika kada se ima u vidu činjenica da se samo jedan manji deo toplote efektivno iskoristi za razvijanje snage motora i to 23–30% kod otomotornih i 30–50% kod dizel motora.

2. Gustina svežeg punjenja bitno utiče na razvijeni rad. Ona je data jednačinom stanja $\rho_s = p/R \cdot T$, gde su p i T pritisak i temperatura u usisnom kolektoru motora. Prethodni izraz ukazuje na značaj natpunjenja motora kojim se pre svega povećava gustina sveže smeše, odnosno pritisak u usisnom kolektoru. Međutim, povećanje specifičnog rada nije proporcionalno pritisku natpunjenja, jer paralelno sa porastom pritiska iza kompresora sistema natpunjenja raste i temperatura punjenja. Dopunskim međuhlađenjem punjenja nakon kompresora rešava se ovaj problem, tako da se smanjenjem termičkih naprezanja pri istom pritisku natpunjenja dobija znatno veća gustina punjenja, a time i razvijeni rad. Imajući u vidu da je gustina benzina znatno veća od gustine TNG-a pri referentnim uslovi-

ma, kao i to da je benzin pogodniji od TNG-a za primenu u sistemu natpunjenja, parametar gustine (ρ_s) daje benzinu veću prednost u odnosu na TNG za stvaranje veće snage.

3. Stepun punjenja (η_v) motora, takođe, direktno utiče na razvijeni rad. Smanjenjem otpora usisavanja, otpora izduvavanja i nepotrebnog zagrevanja svežeg punjenja, postiže se veći stepen punjenja, a time i veća snaga.

4. Mehanički stepen korisnosti (η_m) direktno utiče na razvijenu snagu i zavisi od konstruktivnih, proizvodnih i eksploatacionih faktora koji utiču na mehaničke gubitke u motoru.

5. Postignuti indicirani stepen korisnosti (η_i), pri datom sastavu smeše (λ), takođe direktno utiče na razvijeni rad, odnosno snagu motora.

Analizirajući parametre koji utiču na efektivnu snagu motora koji zavise od korišćene vrste pogonskog goriva, dolazi se do zaključka da benzin u odnosu na TNG ima bolje karakteristike za razvijanje veće snage motora. U principu, snaga motora koji koristi TNG je niža od snage benzinskog motora za 5 do 10%, pre svega zbog manjeg koeficijenta punjenja motora. U skladu sa poslednjim testovima, za većinu benzinskih motora koji su nadograđeni sistemom za obrazovanje smeše sa TNG-om, važi gubitak snage pri pogonu na TNG od 5 do 15%.

Iskustva su pokazala da se kod modifikacije postojećeg benzinskog motora u „bi-fuel“ verziju, ugradnjom sistema za TNG, uglavnom ne poklanja mnogo pažnje optimizaciji sistema sa stanovišta brzinskih karakteristika motora pri korišćenju obe vrste goriva. Negativan uticaj na optimizaciju sistema ima i korišćenje

komponenti sistema za TNG od različitih proizvođača, pre svega mešača čiji je uticaj na optimalan rad sistema značajan.

Rezultati sprovedenih ispitivanja [2] na karburatorskom motoru i motoru sa ubrizgavanjem benzina potvrdili su da ugradnjom sistema za TNG dolazi do degradiranja brzinskih karakteristika motora sa pogonom na benzin. Optimizacijom sistema, odnosno mešača, kao dela sistema, za svaki motor, odnosno vozilo, može se znatno ublažiti ovakav negativan uticaj, ali uglavnom na štetu brzinskih karakteristika pri radu motora na TNG. Zato se kod optimizacije sistema mora voditi računa o nameni vozila, odnosno o preovlađujućem gorivu u toku eksploatacije (benzin ili TNG). Ukoliko se sagledavaju efekti ugradnje sistema za TNG, na motor sa karburatorom ili sa ubrizgavanjem goriva postignuti su bolji rezultati kod motora sa ubrizgavanjem kako pri ispitivanju na motorskoj kočnici, tako i u eksploatacionim uslovima, a takođe je bolje podešavanje i održavanje sistema. Odnosno, veći gubitak snage motora najviše se oseti kod motora sa karburatorom, i to je obično između 15 i 20%. Kod nešto savremenijih agregata sa elektronskim ubrizgavanjem goriva, u jednoj tački usisnog kolektora (singl point injection motori), doziranje, odnosno mešanje gasa i vazduha je preciznije, odziv na pritiskanje regulacionog organa je osetno bolji, a gubitak snage je često i do 11%. Kod motora sa plastičnom usisnom granom moguće je ugraditi samo najskuplji, a ujedno i najbolji sistem sa direktnim ubrizgavanjem gasa u usisnu granu, za svaki cilindar posebno. Gubitak snage je u ovom slučaju minimalan, a potrošnja gasa u odnosu na benzin tada je veća samo za oko 10%.

Kod nadograđenih dizel motora sa pogonom na TNG, maksimalni gubici snage pri pogonu na TNG iznose i do 30%.

Ekonomičnost primene TNG-a kao pogonskog energenta motora

Analizu ekonomičnosti primene TNG-a, kao pogonskog energenta motora, moguće je vršiti na nekoliko načina. Jedan od načina se odnosi na analizu potrošnje TNG-a kao pogonskog goriva motora i definiše se specifičnom efektivnom potrošnjom goriva g_e [g/kWh], koja je obrnuto proporcionalna efektivnom stepenu korisnosti motora (η_e). Drugi način analize odnosi se na analizu cene TNG-a na tržištu, kao i cene nadogradnje sistema za pogon na TNG kod „bi-fuel“ verzije motora.

S obzirom na to da je efektivni stepen korisnosti veći kod motora čiji je pogonski energent benzin u poređenju sa TNG-om, to će i specifična efektivna potrošnja benzina biti manja u odnosu na TNG. Ako se posmatra potrošnja goriva motora na pređenih 100 km motornog vozila, povećanje potrošnje TNG-a u odnosu na benzin iznosi 10–15%.

S druge strane, cena litra propan-butan goriva (TNG-a) u svim državama Evrope, kretala se u rasponu 40–65% cene litra benzina. Kako se cena benzina menjala, tako se menjao i taj odnos, ali nikada drastično. Uz trenutnu cenu litra bezolovnog motornog benzina (BMB) 95 od 89,00 din/l i cene TNG-a od 45,00 din/l, lako je izračunati kako je TNG kao pogonsko gorivo od benzina jeftiniji za oko 50%!

Dodamo li i ovu stavku u računicu, sledi da se ušteda zaokružuje na oko 40% pri pogonu na TNG (sa stanovišta potroš-

nje i cene TNG-a u odnosu na benzin). Tako će se kroz određeni broj pređenih kilometara sa nadograđenim vozilom na TNG isplatiti cena ugradnje dotičnog sistema. Nakon toga vožnja će biti znatno jeftinija, a zagađenje okoline izduvnim gasovima manje.

Ugradnja instalacije za pogon vozila na TNG kod nas košta između 180 i 1000 evra. Cena instalacije zavisi prvenstveno od vrste sistema za dovod goriva, kao i od radne zapremine motora. Najjeftinija je ugradnja instalacije na vozila opremljena karburatorskim motorom, a najskuplja je ugradnja na vozila opremljena savremenim sistemima za ubrizgavanje goriva.

Postoji nekoliko proračuna koji govore o ekonomskoj isplativosti ugradnje samog sistema na motornom vozilu. Pri pomisli na nadogradnju vozila za pogon na TNG, veoma je praktično da se izbor analizira uzimajući u obzir troškove. Jedan od lakših načina analize ekonomske isplativosti ugradnje sistema sa TNG-om na postojeće vozilo, koji je primeren svakodnevnoj upotrebi, može se uraditi korišćenjem sledeće formule:

$$K = \frac{TU}{(Cb \cdot Pb) - (Cp \cdot Pp)} \cdot 100 \text{ [km]} \quad (3)$$

gde je:

K – broj kilometara nakon kojih počinje ušteda,

TU – troškovi ugradnje (u dinarima),

Cb – cena benzina,

Pb – potrošnja benzina (l/100 km),

Cp – cena TNG-a,

Pp – potrošnja TNG-a (l/100 km).

Iz formule (3) može se zaključiti da će se ugradnja sistema na TNG isplatiti pri manjem broju pređenih kilometara ukoliko su manji troškovi ugradnje sistema, što je veća razlika u ceni između benzina i gasa i što je veća potrošnja goriva.

Postavlja se pitanje nakon kog će se vremena isplatiti ugradnja, tj. kad će vožnja postati ekonomična. Ovo se izračunava ako se podeli broj dobijenih kilometara (K) sa kilometrima koje u vožnji na TNG pređe vozilo za godinu dana (K'):

$$V = \frac{K}{K'}$$

U nastavku se daje primer za izračunavanje ekonomičnosti nadogradnje sistema za obrazovanje smeše sa TNG-om na postojećem benzinskom karburatorskom motoru na bazi trenutnih cena, tj. cene sistema za pogon na TNG, kao i cena TNG-a i BMB 95.

Primer:

Cena benzina BMB 95: C_b = 89,00 din;

Cena TNG-a: C_p = 45,00 din;

Potrošnja benzina: P_b = 8,9 l / 100 km;

Potrošnja TNG-a: P_p = 10,30 l / 100 km;

Troškovi ugradnje TU = 15 000 din (prosečna cena nadogradnje sistema sa TNG-om na benzinskom karburatorskom motoru u licenciranom preduzeću).

Ako podatke unesemo u formulu (3) dobijamo:

$$K = \frac{15000}{(89,00 \cdot 8,9) - (45 \cdot 10,30)} \cdot 100 = 4565 \text{ [km]} \quad (4)$$

To znači da će se prema današnjim cenama troškova nabavke i ugradnje sistema na TNG kod postojećeg benzinskog karburatorskog motora, isplativost nadogradnje realizovati nakon pređenih 4565 km nadograđenog vozila ili ukoliko vozilo prelazi u proseku 10 000 km godišnje, otplata će se realizovati nakon 5,5 meseci:

$$V = \frac{4565}{10\,000} = 0,46 \text{ [godina]} \quad (5)$$

Prema tome, ugradnja i eksploatacija vozila na tečni naftni gas brže se isplati ukoliko vozilo prelazi više kilometara na godišnjem nivou. Na Zapadu veći poslovni sistemi sa većim voznim parkom već na početku investiraju u automobile sa fabrički ugrađenim sistemom na TNG.

Ekonomičnost rada motora zavisi i od oktanskog broja samog goriva koje se koristi za njegov pogon. Motor pri pogonu sa TNG-om može da radi sa većim stepenom kompresije, jer je rizik od detonatnog sagorevanja pri korišćenju TNG-a manje izražen zbog povoljnijih antidetonacionih karakteristika u poređenju sa benzinom. Kao što je poznato, sa povećanjem stepena kompresije motora povećava se ekonomičnost motora i njegov srednji efektivni pritisak, snižavaju se temperature izlaznih gasova, itd.

Stepen kompresije i maksimalni pritisak u cilindru motora su veličine koje konstruktoru motora određuju osnovne parametre za proračun materijala motora, čvrstoće materijala i sl., što, takođe, utiče na samu cenu izrade motora, a time i na ekonomičnost njihove proizvodnje.

Povoljnije antidetonacione karakteristike TNG-a radi povećanja ekonomičnosti rada motora nije moguće iskoristiti kod benzinskog motora sa nadograđenim sistemom za TNG, s obzirom na to da je konstrukcija takvog motora sa niskim stepenom kompresije prilagođena, pored ostalog, i lošijim antidetonacionim karakteristikama benzina.

Ekološke performanse motora pri pogonu na TNG

Mnoga ispitivanja i izrađene studije potvrdile su praktične i relativno jeftine mogućnosti poboljšanja kvaliteta vazduha, posebno u gradskim sredinama, pri korišćenju vozila sa pogonom na TNG. Sa ekološkog aspekta, TNG je vrlo pogodno gorivo. Gotovo potpuno sagoreva, produkti nepotpunog sagorevanja (ugljen-monoksid, ugljikovodonici, čađ i čestice) nastaju u zanemarivim količinama. U produktima sagorevanja dominira vodena para, a ne ugljen-dioksid. Snižena je emisija oksida azota, a u sastavu gasova nema olovnih i sumpornih jedinjenja. U radu koji je tretirao zagađenost vazduha u Londonu, izneseni su podaci da jedno vozilo koje koristi dizel gorivo za svoj pogon emituje čestice (fine particles) čak u iznosu kao 120 vozila koja koriste TNG za svoj pogon i istu količinu NO_x kao 20 vozila na pogon sa TNG-om [3].

U odnosu na odgovarajuće benzinske motore, emisija CO i HC je manja zbog boljeg obrazovanja smeše i mogućnosti rada sa siromašnom smešom, dok je emisija NO_x manja zbog manjih maksimalnih temperatura sagorevanja. Ugljovodonici koji se emituju nakon sagorevanja meša-

vine TNG-a i vazduha ne sadrže benzen, 1,3-butadien, formaldehid, acetaldehide i ostale aromatične polimere koji se nalaze u zelenom benzinu. Ove supstance su opasne i veoma kancerogene.

U tabeli 1 date su vrednosti emisije toksičnih materija za slučajeve pogona na benzin i TNG. Bez obzira na manju preciznost doziranja goriva, sistemi prve generacije pogona motora na gas imali su značajne prednosti u odnosu na karburatorske motore u pogledu emisije toksičnih komponenata (tabela 1).

Tabela 1 [5]

		Benzin	TNG	Razlika [%]	Dozv. vrednosti (ADR 27)
CO	[g/km]	16,6	1,3	-92	24,2
HC	[g/km]	1,4	0,9	-38	2,1
NO _x	[g/km]	1,6	1,3	-22	1,9
CO (praz. hod)	%	1,8	0,1	-95	—
Potrošnja goriva	l/100 km	17,2	23	34	—
	kg/100 km	12,9	11,7	-9	—

Poošttravanjem zakonskih propisa o emisiji toksičnih komponenata javila se potreba uvođenja elektronski upravljanih sistema za ubrizgavanje goriva kod oto motora (EFI – sistemi), što je neminovno dovelo do odgovarajućih izmena u sistemima za napajanje ovakvih motora gasom.

Najjednostavnija moguća varijanta jednog takvog sistema je, svakako, koncept sa reduktorom – isparivačem i mešačem konstantnog protočnog preseka kakav se koristi kod karburatorskih motora. U ovom slučaju mešač se postavlja u usisni vod ispred prigušnog leptira, a radi obezbeđivanja regularnog rada elektronske upravljačke jedinice (EUJ) u si-

stem se postavlja emulator čija je uloga da simulira rad brizgača. Ranije istaknuta nepreciznost doziranja gasovitog goriva ovakvog sistema i nemogućnost korišćenja mapa upravljanja EUJ predstavlja značajan nedostatak, zbog čega njegova primena nije racionalna. Radi otklanjanja navedenih nedostataka kod ovih sistema uobičajena je primena elektronski upravljano ventila za gas i aktuatora, koji se postavljaju između isparivača i mešača (sistemi: Eurogas Landi Renzo, AG Autogas ALC, BRC LPGas Koltec i sl.). Radom ventila upravlja posebna EUJ koja je spojena sa EUJ-om za rad sa benzinom radi korišćenja signala sa odgovarajućih davača: broja obrtaja, lambda – sonde, položaja leptira, pritiska u usisnom vodu i drugih davača bitnih za optimalno upravljanje doziranjem gasovitog goriva. Ovakav koncept pogona na gas omogućava projektovanje vozila sa gasom kao jedinim gorivom (Single Fuel – SF), kod kojih je moguće iskoristiti neke od prednosti TNG-a, kao što je rad sa većim vrednostima stepena kompresije zbog njegove veće otpornosti na detonantno sagorevanje. U tabeli 2 upravo su date karakteristike ovakvih vozila po sadržaju toksičnih komponenata u izduvnim gasovima motora.

Tabela 2 [5]

	HC [g/km]	CO [g/km]	NOx [g/km]	CO ₂ [g/km]
Benzin	0,059	0,55	0,069	328
SF LPG	0,047	1,39	0,009	292
Razlika	-17%	153%	-87%	-11%
Dozv. vrednosti (ADR 37/01)	0,5	6,2	1,4	–

Najveće mogućnosti u pogledu kompleksnosti upravljanja sastavom smeše i ostalim bitnim motorskim parametrima pružaju sistemi sa ubrizgavanjem gasa koji, analogno sistemima za ubrizgavanje benzina, mogu biti izvedeni u varijantama: centralnog (SPI) i ubrizgavanja po svim cilindrima (MPI). Sistemi MPI mogu se realizovati kao kontinualni, vremenski simultani i sekvencijalni. Većina navedenih sistema projektovana je za ubrizgavanje TNG-a u gasovitom stanju, ali neki proizvođači (Viale, Tartarini) nude i sisteme sa ubrizgavanjem gasa u tečnoj fazi. Pored precizne elektronske regulacije i upravljanja u zatvorenoj konturi, značajna prednost ovakvih sistema je i mogućnost izvođenja kao jednogorivih sa pogonom na gas (dedicated) ili dvogorivih (gas-benzin) („bi-fuel“) sistema. U tabeli 3 prikazane su vrednosti sadržaja osnovnih toksičnih komponenata u izduvnim gasovima motora u slučaju korišćenja sistema GTI (Gas Injection Technologies Guildford NSW Australia), koji je izveden u varijanti MPI-sekvencijalni i pogona na benzin sa standardnom opremom.

Tabela 3 [5]

	HC [g/km]	CO [g/km]	NOx [g/km]	CO ₂ [g/km]
Benzin (stand. oprema)	0,14	1,49	0,03	334,5
GTI LPG	0,01	0,05	0,31	263,5
Dozv. vrednost (ADR 37/01)	0,25	2,1	0,62	–

Emisija CO kod motora sa pogonom na TNG je nekoliko puta veća kod dizel motora, jer motor na TNG radi sa homogenom smešom. Međutim, taj nivo ipak nije kritičan. Slično važi i za emisiju HC koja može biti i dvostruko veća od emisije dizel

motora. Međutim, važno je da se primenom TNG-a, umesto dizel goriva, odnosno prevođenjem dizel motora u TNG motor (tj. oto motor), može rešiti jedan od većih problema dizel motora, a to je emisija NO_x i emisija čestica. Emisija NO_x kod motora sa TNG-om može se radikalno smanjiti primenom trosmernog katalizatora na motoru koji radi sa stehiometrijskom smešom. Kod dizel motora, koji obavezno radi sa jako siromašnom smešom, ne postoji efikasan katalizator za redukciju emisije NO_x . Štaviše, ako bi se koristio apsorpcioni katalizator (čija je maksimalna efikasnost do 60%), on bi znatno manje smanjio emisiju NO_x , nego što to može smanjiti trosmerni katalizator (čija je efikasnost do 95%). Što se tiče emisije čestica, tu je situacija još bolja, jer motor na TNG praktično nema tu emisiju. Zbog toga je emisija čestica motora sa TNG-om manja i od iste emisije dizel motora, čak i ako ima filter čestica. Dakle, primenom TNG-a prevazilazi se najveća slabost dizel motora izdvajanja ugljenika u vidu čađi, sa izduvnim gasovima motora u obliku crnog dima, koji je nepoželjan i po motor i po okolinu.

Trenutno se svi važeći standardi o emisiji vozila (ECE Pravilnici br. 49, 83 i 101) odnose i na motore sa TNG-om, tako da je homologaciona procedura potpuno definisana.

Svetski trend primene TNG-a kao alternativnog goriva

Koliki značaj pojedine razvijene zemlje sveta pridaju alternativnim gorivima, kao i mere koje vezano za tu problematiku primenjuju, u narednom delu ovog rada biće potvrđene raznim podacima i činjenicama.

Zaključci Evropskog parlamenta i Saveta Evrope insistiraju na tome da TNG mora biti integralni deo politike vezane za alternativno gorivo u EU. Ovaj segment nije samo predmet tržišnih odnosa, već razvojne politike u EU. U tom smislu, 29. 11. 2000. godine Evropska komisija usvojila je takozvanu Zelenu knjigu o sigurnom snabdevanju (Green paper: Towards a European strategy for the security of energy supply), u kojoj je kao jedan od ciljeva navedena potreba zamene 20% goriva u drumskom saobraćaju alternativnim gorivom do 2020. godine.

Prema izvorima AFDC (Alternative Fuels Data Center), u SAD se vozi preko 350 000 automobila sa pogonom na autogas. U toj državi zahvaljujući činjenici da je motorni benzin kao vodeće gorivo relativno jeftin, upotreba autogasa, kao i ostalih alternativnih goriva generalno je prisutna na području takozvanih flota, odnosno službenih i dostavnih vozila, što je direktno posledica uticaja države. Kada se radi o vozilima u privatnom vlasništvu, gotovo da se autogas i ne koristi. Ovo alternativno gorivo međutim, pokreće taksi vozila u Las Vegasu, školske autobuse u Kansas Sitiju i Portlandu. Autogas pokreće laka i srednjeteška teretna vozila, kao i vozila policije, pa se procenjuje da je ukupan broj ovih vozila u Kaliforniji oko 40 000. U SAD postoji oko 3400 autogas stanica, gde je moguće nabaviti ovo gorivo. Sjedinjene Američke Države jedan su od najvećih proizvođača TNG-a u svetu, koji obezbeđuje 90% svojih potreba.

U Australiji se TNG za pogon vozila masovnije koristi još od 1960. godine. Danas je ova zemlja jedna od vodećih kada se radi o upotrebi ovog energenta.

Između 4–5% lakih vozila koristi upravo ovo alternativno gorivo sa procenom da će do 2010. taj broj vozila u Australiji biti oko 8%. Da bi još više omasovila upotrebu TNG-a vlada Australije je sa opravdanim razlogom prihvatila inicijativu TNG asocijacije ove zemlje, tako da je za još tri godine produžen period neoporezivanja TNG-a. Ova podsticajna mera trebalo je da traje do 2008, ali pomenutom odlukom ovaj period će trajati do 2011. godine. Uz ovu fiskalnu meru u Australiji će biti prisutna i politika državne subvencije za ugradnju TNG uređaja od 1000 australijskih dolara po svakom novom vozilu.

Italija je danas najveći konzument TNG-a kao goriva za pogon automobila, što iznosi oko 1 322 000 tona na godišnjem nivou. Flota od preko 1 400 000 vozila koristi upravo ovo gorivo za svoj pogon, koje je moguće nabaviti na oko 2000 mesta širom zemlje. Takođe, treba naglasiti da je ova zemlja i jedan od najvećih proizvođača TNG opreme za automobile (LANDI, LANDIRENZO, LOVATO, MTM, MARINI, ZAVOLI, OMVL, ROMANO, EMER, TOMASETTO BIGAS, BEDINI, STEFANELLI, STARGAS, EMMEGAS i drugi). Pored velike popularnosti ovog energenta, u Italiji se zbog sve većeg zagađenja vazduha primenjuje odluka vlade ove zemlje, po kojoj se fizičkim licima subvencionira instalacija TNG uređaja, kao i uređaja za prirodni gas, koji je takođe popularan u Italiji, sa 650 evra. Kao mera podsticaja u primeni je i pravilo da u periodima visoke zagađenosti vazduha konvencionalna vozila na benzin/dizel imaju zabranu kretanja u 18 naznačenih područja).

Trenutno je Poljska zemlja sa najdinamičnijim porastom broja vozila koja koriste TNG kao pogonsko gorivo. Ukupna potrošnja TNG-a u ovoj zemlji tokom 2003. godine iznosila je 1,77 miliona tona, što praktično iznosi preko deset puta više nego 1991. godine. Prema najnovijim podacima iz časopisa RYNEK GAZOWY, Poljska je druga zemlja u Evropi po broju konvertovanih vozila na gas. Broj takvih vozila kreće se oko 1,1 milion, a broj TNG stanica procenjuje se na oko 4000. Osamdeset procenata taksi vozila u ovoj zemlji je već implementiralo gasne uređaje.

Druga zemlja u Evropi po broju konvertovanih vozila u odnosu na broj stanovnika je Holandija sa preko 400 000 vozila koja koriste TNG kao gorivo za pogon automobila. Pored velike popularnosti i zastupljenosti TNG-a, vlada ove države nizom podsticajnih mera neprekidno želi da ovo gorivo omasovi. U aprilu 1998. potpisan je sporazum između holandske vlade i javnih prevoznika, čiji je cilj postizanje porasta broja novih autobusa koji kao energent koriste gasna goriva, sve do iznosa od 50% od ukupnog broja novih vozila.

U Nemačkoj preko 3,5 miliona potrošača u domaćinstvima, industriji, poljoprivredi i transportu koristi TNG, kao pogonsku alternativu. Tečni naftni gas će do 2009. godine biti pod poreskim olakšicama u ovoj zemlji. Danas u Nemačkoj postoji preko 550 stanica za TNG, a oko 18 000 vozila je konvertovano na TNG, ali broj raste iz dana u dan. Uzimajući u obzir trend kojim se konvertuju vozila, do 2010. godine, može se očekivati oko 100 000 vozila koja će koristiti TNG za svoj pogon.

Na osnovu praćenja situacije od strane Asocijacije za TNG Velike Britanije, broj vozila sa pogonom na TNG u ovoj zemlji iznosi preko 250 000. Vlada je osnivač agencije ENERGY SAVING TRUST, čiji je prevashodni zadatak da prati problematiku vezanu za alternativna goriva. Navedena agencija ima godišnji budžet od 16,3 miliona evra. Kroz POWERSHIFT program subvencioniraju se ugradnje auto-gas opreme. U smislu podsticajnih mera kojima se populariše auto-gas u Velikoj Britaniji svakako je i već pomenuta taksa koju plaćaju vozila pri ulasku u centar Londona u vremenu od 7 ujutru do 18,30 popodne radnim danom. Fabrika Vauxhall je lider u razvoju vozila koja se sa fabrički ugrađenim TNG uređajem isporučuju tržištu.

Pored pomenutih zemalja, i niz drugih država širom sveta poreskim olakšicama i drugim vidovima stimulacije promovišu i populariše korišćenje TNG-a. Takvi programi odvijaju se u Španiji, Norveškoj, Japanu (gde čak 95% taksi vozila trenutno koristi TNG), Belgiji, Francuskoj (postojale su čak olakšice za poreske obveznike koji koriste TNG kao gorivo, uz istovremeno smanjenje poreza na TNG).

U našoj zemlji TNG kao pogonsko gorivo automobila stiže sve veći broj poklonika, čemu doprinosi i za sada relativno zadovoljavajuća mreža stanica za TNG, kojih ima preko 130. Procene o broju vozila sa pogonom na TNG u našoj zemlji su veoma različite. Naime, broj registrovanih vozila na TNG u Srbiji 2004. godine bio je oko 10 100 vozila, dok je po podacima Auto-gas asocijacije Srbije (AGAS) broj takvih vozila u sa-

obraćaju bio 15 puta veći. Pored prihvatljive cene TNG-a kod nas ne postoji još neka podsticajna mera kojom bi država stimulatивно delovala na korisnike vozila sa TNG-om.

Zaključak

Najveća prednost primene TNG-a u motorima SUS jeste u smanjenju emisije toksičnih komponenata izduvnih gasova, pre svega GH (Greenhouse) gasova, kao i dimnosti i emisije čestica kod dizel motora. Pored boljih ekoloških karakteristika, primenom TNG-a postiže se i veća ekonomičnost u vožnji. Na sve masovniju upotrebu ovog goriva utiču još i dovoljna raspoloživost goriva, jednostavna i jeftina nadogradnja sistema za pogon na TNG kod postojećeg motora SUS, zadovoljavajuće vozne performanse i dr. Nedostaci primene TNG-a kao pogonskog energenta motora SUS neznatni su u odnosu na prednosti (pad efektivne snage motora do 10%, smanjenje raspoloživog prostora vozila za instalaciju sistema na TNG, otežana distribucija i skladištenje goriva).

Iako upotreba TNG-a kao ekološkog i ekonomičnog goriva za pogon motornih vozila u Srbiji doživljava znatnu ekspanziju, ipak ključnu ulogu u još masovnijoj upotrebi ovog pogonskog energenta ima država. Naime, nagli porast vozila koja koriste TNG poslednjih nekoliko godina posledica je privatne inicijative, niskog životnog standarda i veoma brze isplativosti investicije u sistem za pogon na TNG. Strategija „praznog novčanika“ – što više jeftine i nekontrolisane robe na tržištu, pa samim tim i delova za vozila,

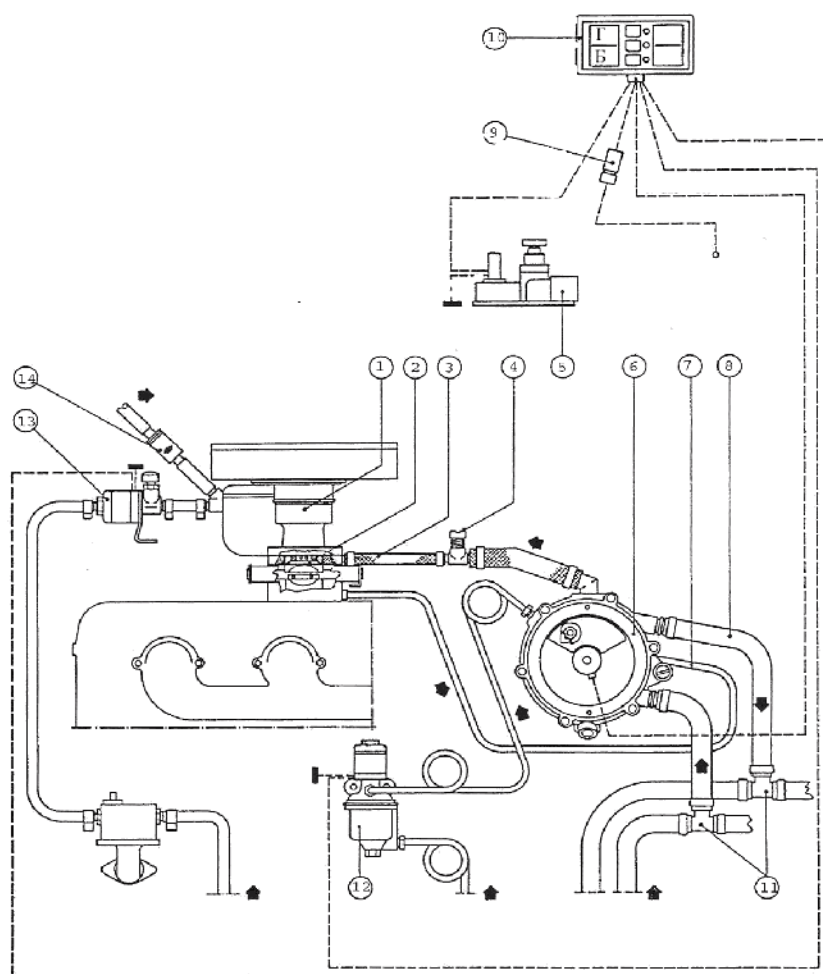
moglo bi da izazove veoma ozbiljne posledice, kako u pogledu bezbednosti saobraćaja, tako i u pogledu primene ovog alternativnog goriva u budućnosti. Neophodan i veoma bitan proces primene alternativnih goriva, ipak, ne može biti opravdanje za selektivnu primenu propisa, jer takav odnos ima za posledicu ugradnju neispitanih uređaja i opreme, nekvalitetnu i nestručnu ugradnju, što u budućnosti može proizvesti negativan efekat na primenu ovih goriva.

S tim u vezi, država bi trebalo, preko nadležnih organa, da obezbedi striktnu primenu zakonskih i podzakonskih akata iz svih oblasti koje su u vezi sa alternativnim gorivima, radi unapređenja njihove primene, uz maksimalnu realizaciju javnog interesa u bezbedonosnom i materijalnom smislu. Potrebno je sprečiti nekontrolisanu ugradnju komponenti i opreme sistema za pogon na TNG neproverenog kvaliteta, preko ovlašćenih organizacija obezbediti da uverenje o ispravnosti vozila dobiju samo ona vozila kod kojih je postupak ugradnje sistema za TNG bio u skladu sa odgovarajućim zakonima i propisima, povećati broj vanrednih tehničkih pregleda, kako bi se vozila sa neregularno urađenim sistemom na TNG isključila iz daljeg saobraćaja a prekršioci zakona kaznili, itd. Takođe, putem globalne fiskalne i ekonomske po-

litike iz oblasti razvoja saobraćaja i energetike država treba da stimuliše korisnike alternativnih goriva kroz pojedine odluke i mere (smanjiti porez na TNG kao ekološki čistije gorivo, smanjiti cenu registracije vozila na TNG, itd.). Treba imati u vidu da bi stimulisanje korišćenja TNG-a u vozilima u našoj zemlji trebalo, u određenoj meri, da se shvati i kao priprema za prelaz na primenu prirodnog gasa, a kasnije i vodonika, u vremenu kada to bude neophodno. U našoj zemlji TNG kao pogonsko gorivo automobila stiže sve veći broj poklonika, čemu doprinosi i za sada relativno zadovoljavajuća mreža TNG stanica. Izvori za dobijanje TNG-a ukazuju da se na tu vrstu goriva može zasigurno računati i u daljoj budućnosti, a podatak da 60% ovog goriva potiče iz zemnog gasa donekle ukazuje na manju zavisnost potrošača od izvoznika sirove nafte, odnosno članica OPEC-a.

Literatura:

- [1] Todorović, J.: Gasovita goriva u motornim vozilima, naučno stručni skup Vozila sa pogonom na gas, Beograd 2005.
- [2] Milovanović, M., Spasojević, S., Vučković, V.: Serijska proizvodnja vozila i TNG oprema, naučno stručni skup – Vozila sa pogonom na gas, Beograd 2005.
- [3] Nedeljković, G.: TNG – Ekologija, Ekonomija, Energija, naučno stručni skup Vozila sa pogonom na gas, Beograd 2005.
- [4] Milovanović, Z.: Primena TNG-a u vojnim motornim vozilima, diplomski rad, Vojna akademija, Beograd 2005.
- [5] LPG as an Automotive Fuel, ALPGA Booklet, Australia.



Sl. 1 – Šema sistema za obrazovanje smeše kod „bi-fuel“ verzije motora

Dr Miodrag Regodić,
potpukovnik
Vojna akademija,
Beograd

DALJINSKA DETEKCIJA KAO METOD PRIKUPLJANJA PODATAKA O PROSTORU

UDC: 629.7.066
520.62 : 355.535

Rezime:

Zbog potrebe da se dobiju novi podaci, da osmatranja i izučavanja budu objektivnija od dosadašnjih sinteza prihvaćen je novi istraživački metod – daljinska detekcija. U radu su predstavljeni principi i elementi daljinske detekcije, kao i neke od mogućnosti korišćenja informacija daljinske detekcije za vojne potrebe.

Ključne reči: daljinska detekcija, elektromagnetna energija, snimak, senzor, informacija.

REMOTE SENSING AS A METHOD OF SPACE DATA ACQUISITION

Summary:

In order to gather new information and to make observations and examinations much more objective than existing syntheses, a new examination method- remote sensing- has been adopted. The paper deals with the principles and elements of remote sensing as well as with some possibilities of using remote sensing information for military purposes.

Key words: remote sensing, electromagnetic energy, image, sensor, information.

Uvod

Gotovo da nema poznate metode, naučne discipline ili naučne oblasti koje su imale tako intenzivan i brz razvoj kao daljinska detekcija. Sa savremenom tehnologijom rada i visoko usavršenom opremom i programskom podrškom ona je za veoma kratko vreme postala opšteprihvaćeno naučno područje i nezamenljivo sredstvo u svim sferama života. Daljinska detekcija je uz aerofotogrametriju nezamenjiv metod masovnog prikupljanja podataka o prostoru.

Daljinska detekcija u užem smislu obuhvata analizu i interpretaciju različitih snimaka delova Zemljine površine, načinjenih sa površine terena, iz vazdušnog prostora ili iz kosmosa. Početak nje-

ne istorije mogao bi biti nastanak klasične fotografije, koja se javlja 1839. godine i vezuje za ime Francuza Dagera (Daguerre). Deset godina kasnije (1849), u Francuskoj fotografija počinje da se primenjuje pri izradi topografskih karata.

Naziv daljinska detekcija je slobodni prevod engleskog termina Remote Sensing. U francuskoj literaturi ovaj termin se prevodi kao Teledetection, u nemačkoj Fernerkundung, a u ruskoj дистанционные исследования.

Kod nas se, prema korišćenom literaturnom izvoru, pojavljuju i nazivi „daljinska opažanja“, „daljinska istraživanja“, „teledetekcija“, „daljinski metodi“, „distanciona istraživanja“. Pojam daljinska detekcija je najčešće u upotrebi.

Najpogodniju definiciju daljinske detekcije dala je Evelin Pruitt 1960. godine koja glasi: „Daljinska detekcija predstavlja metod prikupljanja informacija putem sistema koji nisu u direktnom, fizičkom kontaktu sa ispitivanom pojavom ili objektom“.

U stranoj literaturi srećemo i definiciju po kojoj je daljinska detekcija nauka (u širem smislu i umetnost) o prikupljanju podataka o Zemlji bez fizičkog kontakta sa njom. Podaci se prikupljaju registrovanjem i snimanjem odbijene ili emitovane energije objekta i obradom, analiziranjem i korišćenjem tog podatka [1].

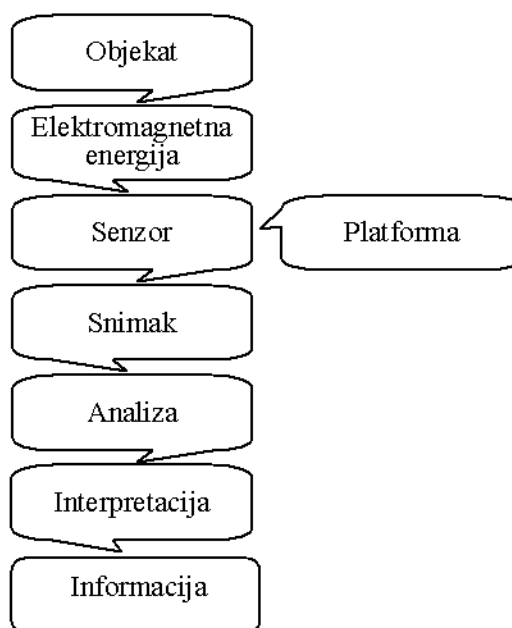
Obe definicije, kao i druge, vide daljinsku detekciju kao postupak izviđanja i snimanje Zemljine površi iz vazdušnog prostora, svemira ili sa Zemlje, bez kontakta sa površinom Zemlje. Danas se pod terminom daljinska detekcija podrazumeva i aerofotogrametrija uz uvažavanje specifičnosti fotografskog nastajanja snimka.

Princip i primena daljinske detekcije

Pri realizaciji postupaka daljinske detekcije jasno se može definisati i izdvojiti nekoliko direktno povezanih elemenata. U geonaukama, među koje spada i geodezija, objekat je fizička površina Zemlje. Objekat zrači elektromagnetnu energiju, koja nosi informacije o njegovim osobinama. Energija može biti sopstvena i reflektovana, koja je saopštena objektu iz prirodnog ili nekog veštačkog izvora.

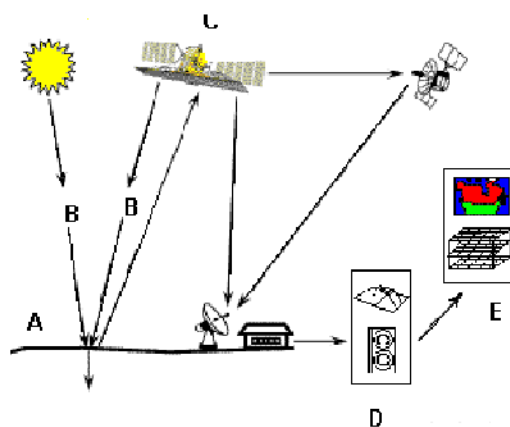
Energiju registruje senzor, koji se u najvećem broju slučajeva nalazi na pokretnoj platformi (Zemljinom sateli-

tu). Na osnovu složenog elektronskog sklopa senzora registrovani signal prevodi se u oblik pogodan za obradu, odnosno nastaje odgovarajući snimak u digitalnom ili analognom obliku. Zatim, sledi analiza snimljenog područja, interpretacija rezultata i, na kraju, upotrebljiva informacija (podatak) o snimljenom sadržaju. Ta informacija najčešće obuhvata saznanje o vrsti, granicama prostiranja i intenzitetu registrovanog fenomena. Princip daljinske detekcije se jednostavno može sagledati na osnovu slike 1.



Sl. 1 – Princip daljinske detekcije [5]

Osnovni elementi koji učestvuju u postupku daljinske detekcije su (slika 2): objekat – predmet istraživanja – A; elektromagnetna energija – B; senzor, platforma – C; snimak, analiza, interpretacija – D; informacija za upotrebu – obrađeni podatak daljinske detekcije – E.



Sl. 2 – Osnovni elementi daljinske detekcije [2]

U oblastima geodezije i kartografije daljinska detekcija se sve češće koristi kao važan izvor za kartiranje, u geologiji učestvuje pri utvrđivanju geološke građe terena, u poljoprivredi pri proučavanju pedološkog sloja i različitih kultura, u šumarstvu u oblasti izučavanja vegetacionog pokrivača, u hidrologiji praćenja stanja voda, itd. Tu su i najnovije oblasti primene, poput praćenja i predviđanja elementarnih nepogoda i prirodnih katastrofa usled pomeranja tla, zaštita životne sredine i dr. Takođe, sistem daljinske detekcije ima dugu tradiciju u vojnim primenama, pre svega koristi se za izviđačke svrhe.

Stalni razvoj informacionih tehnologija omogućio je da daljinska detekcija u kombinaciji sa GIS-om i njegovim aplikacijama pruža korisne informacije širokom krugu korisnika. Geodetska nauka je posebno zainteresovana za određivanje pozicija objekata na terenu koje se dobijaju daljinskom detekcijom terena. U poslednje vreme na tržištu postoje satelitski snimci čije su prostorne rezolucije i ispod 1 m, na osnovu kojih se sigurno dolazi do kvalitetnog geodetskog proizvoda

(numerički podatak, snimak, karta ...) sa neophodnom položajnom tačnošću.

Senzorski sistemi sa veličinom piksela od 6 m i manjom realno su upotrebljivi za izradu topografskih karata razmere 1: 50 000 (TK 50) ili za dopunu TK 25. Ukoliko se radi o sistemima sa rezolucijom snimanja terena od 1 m i boljom, moguće je proizvesti karte razmere 1: 10 000, odnosno vršiti dopunu sadržaja karata razmera 1: 5000.

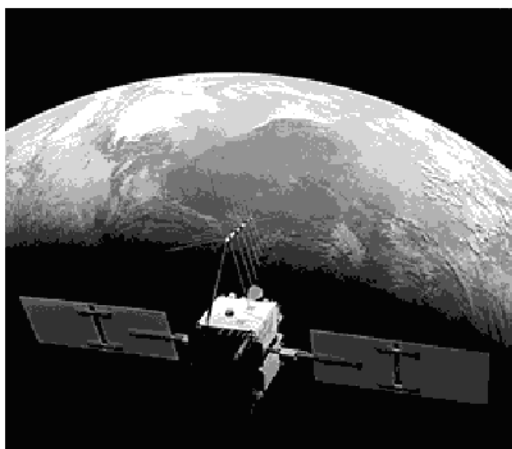
Međutim, sa aspekta položajne tačnosti moguće je koristiti i nešto lošije rezolucije, mada je tada smanjena moć interpretacije sadržaja. Odnos veličine piksela na snimku (PR) i odgovarajućeg faktora razmere karte ili plana (r) može se predstaviti izrazom $r = PR/0,05 \text{ mm} - 0,1 \text{ mm}$, na osnovu kojeg se vrši izbor senzorskog sistema za potrebe izrade određenih topografskih karata i planova [2].

Elementi daljinske detekcije

Iz razmatranja principa proizilazi da u procesu daljinske detekcije učestvuje osam elemenata: objekat, elektromagnetna energija, senzor, platforma, snimak, analiza, interpretacija i informacija (podatak). Svaki od njih ima svoje specifičnosti.

Predmet istraživanja – objekat

Objekat, odnosno predmet istraživanja, u daljinskoj detekciji je Zemlja sa svim svojim komponentama (slika 3), mada taj termin može podrazumevati i deo kosmosa. U užem smislu reči, objekat predstavlja deo Zemljine površine za koji se traže informacije, koje se mogu dobiti pomoću daljinske detekcije.



Sl. 3 – Predmet istraživanja daljinske detekcije [6]

Savremena kartografija koristi daljinsku detekciju kao bitan izvor podataka za ažuriranje i dopunu topografskih i svih ostalih vrsta karata.

Može se zaključiti da različite nauke i naučne discipline definišu posebni predmet istraživanja i prilagođavaju ga svojim potrebama.

Elektromagnetna energija

Svako telo na Zemljinoj površini usled Sunčevog zračenja poseduje energiju određene frekvencije i talasne dužine i sposobno je da emituje energiju dela

elektromagnetnog spektra. Sva tela sastavljena su od određenih čestica materije koje poseduju odgovarajuće naelektrisanje. Ove čestice menjaju prostor oko sebe i stvaraju električno polje. Polje deluje silom na svako naelektrisanje koje se nalazi u njemu.

Naelektrisane čestice u pokretu čine električnu struju, koja izaziva dalje promene okolnog prostora i stvara magnetno polje. Magnetno polje, takođe, deluje silom na svaku naelektrisanu česticu u pokretu i tako naizmenično električno polje stvara magnetno i magnetno stvara električno polje. Elektromagnetna energija tako nastaje kao rezultat interakcije električnog i magnetnog polja i širi se kroz prostor zračenjem, i za nju važi opšti zakon talasnog kretanja (slika 4).

Opšti zakon talasnog kretanja glasi:

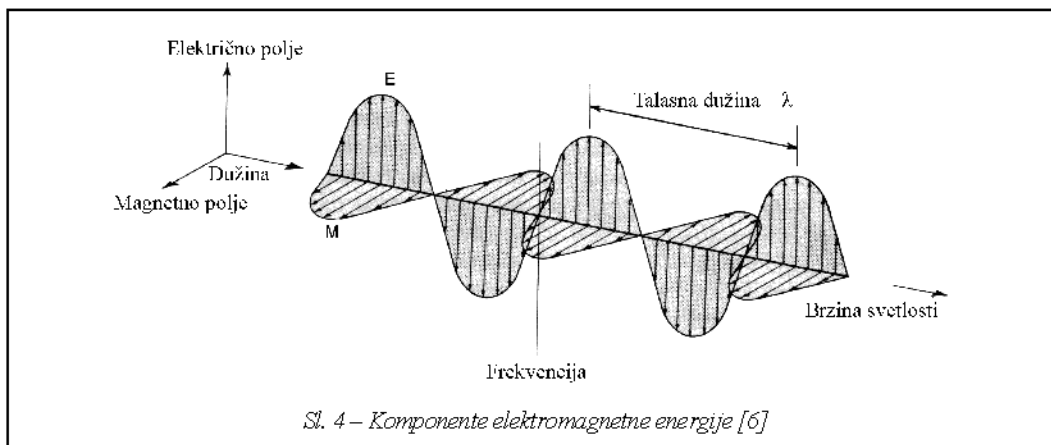
$$C = \lambda \cdot f$$

gde su:

λ – talasna dužina (rastojanje između dva maksimuma i dva minimuma talasa),

f – frekvencija (učestalost talasa ili broj celih talasa u sekundi),

C – brzina svetlosti.



Sl. 4 – Komponente elektromagnetne energije [6]

Spektar elektromagnetnog zračenja

Sve vrste zračenja predstavljaju spektar elektromagnetne energije, koja može da se podeli na oblasti relativno sličnih karakteristika [4]. Istorodne oblasti sastavljene su od više spektralnih linija, koje se sastoje od: područja γ i x zraka; ultraljubičastog zračenja; područja vidljivog dela spektra; područja infracrvenog zračenja; mikrotalasnog i radio-talasnog područja.

Spektar EM energije deli se na više područja sličnih karakteristika. U tabeli 1 prikazani su delovi spektra EM zračenja sa odgovarajućim vrednostima talasnih dužina (λ).

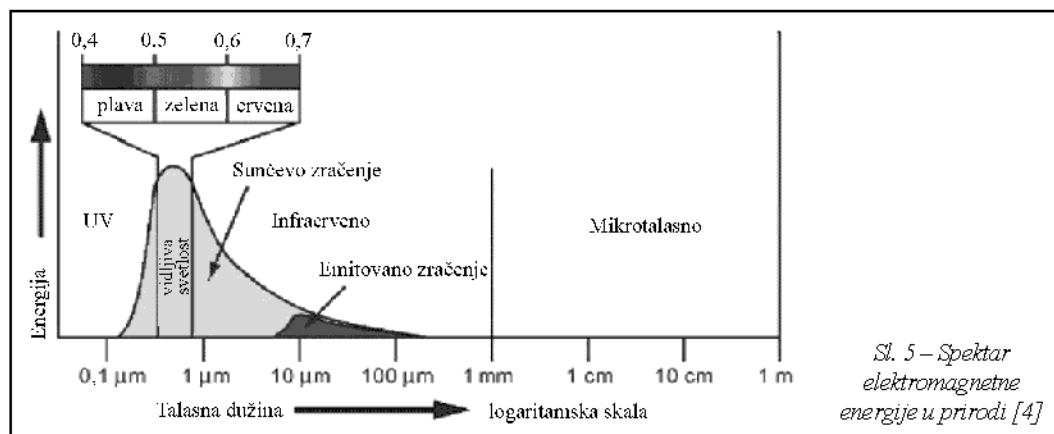
Tabela 1
Spektar EM zračenja [4]

Deo spektra		$\lambda(\mu\text{m})$
γ i x zraci		$<0,01$
Ultraljubičasti	Daleki	0,01–0,2
	Srednji	0,2–0,3
	Bliski	0,3–0,4
Vidljivi deo		0,4–0,7
Infracrvena	Bliski	0,7–1,5
	Srednji	1,5–5,6
	Daleki	5,6–1000
Mikrotalasi		>1000

Zraci iz područja γ i x zračenja imaju malu prodornost kroz atmosferu, pa su neupotrebljivi za daljinsku detekciju terena. Primenjuju se u fizici i medicini.

Ultraljubičasto zračenje (UV – ultravioletno), koje je otkrio Riter 1801. godine, čini 10% od ukupne svetlosne energije koja dospe na Zemljinu površinu. Talasne dužine UV zraka su male i kreću se od 0,1 do 0,4 μm . Prodornost UV zraka iz dalekog i srednjeg dela UV područja kroz atmosferu praktično ne postoji, pa su oni u potpunosti neupotrebljivi u daljinskoj detekciji. U bliskom delu prodornost se povećava, ali su do sada obavljena ispitivanja imala prvenstveno eksperimentalni značaj.

Vidljivo područje spektra elektromagnetne energije obuhvata zračenja talasnih dužina od 0,4 do 0,7 μm . Njegove granice postavljene su prema osetljivosti ljudskog oka. Čovek registruje zračenje energije u vidljivom području kao tzv. „belu svetlost“. Prema talasnoj dužini u vidljivom delu spektra razlikuje se, međutim, više boja – od ljubičaste sa najkraćom (0,4–0,044 μm), preko plave, zelene, žute i narandžaste, do crvene sa najvećom talasnom dužinom (0,62–0,7 μm). Ove boje mogu se grupisati u tri osnovne: plavu (0,4–0,5 μm), zelenu (0,5–0,6 μm) i crvenu (0,6–0,7 μm), kao što se vidi na slici 5.



Sli. 5 – Spektar elektromagnetne energije u prirodi [4]

Osnovni izvor elektromagnetne energije vidljivih zraka je Sunce. Njihova prodornost kroz atmosferu je izuzetno visoka. Vidljivi deo predstavlja najviše i najčešće korišćeno spektralno područje u daljinskoj detekciji.

Infracrveno područje, označeno kao IC područje (standardna oznaka: IR – infra red), obuhvata vrlo širok spektar zračenja, čije talasne dužine variraju u rasponu od 0,7 do 1000 μm . U okviru njega razlikuju se:

- blisko infracrveno zračenje, sa talasnim dužinama između 0,7 μm do 1,5 μm ;
- srednje infracrveno zračenje, deo sa dužinama od 1,5 μm do 5,6 μm ;
- daleko infracrveno zračenje talasnih dužina od 5,6 μm do 1000 μm .

U odnosu na izvor zračenja može se detektovati: emitovano (termalno) i reflektovano infracrveno zračenje. Reflektovano IC zračenje nastaje kao posledica Sunčevog zračenja i odbijanja od površine Zemlje ili od posmatranog objekta. Od ukupne Sunčeve energije 40% čini IC zračenje.

Talasne dužine reflektovanog zračenja kreću se u rasponu od 0,7 μm do 3 μm . Emitovano IC zračenje predstavlja, prvenstveno, energiju emitovanu sa površine Zemlje u obliku toplote, pa se zbog toga naziva još i toplotno (termalno) IC zračenje. Emitovani deo IC zračenja obuhvata talasne dužine od 0,3 μm do 1000 μm . Prodornost reflektovanog zračenja je visoka u atmosferi, dok je kod emitovanih prodornost velika samo pri zračenju dužine do 14 μm .

Za daljinsku detekciju IC zračenje ima veliki značaj, a naročito sopstveno

zračenje tela koje zavisi od sastava tog tela, te na taj način određuje njegova svojstva. Nijanse infracrvene boje su dobar pokazatelj temperaturnih razlika objekta na Zemljinoj površini.

Nijansa određene boje ukazuje na to da se radi o promeni temperature vode (otpadne i komunalne vode), promeni vegetacione strukture (zdrava i bolesna šuma) i slično. Zelena najviše, a crvena najmanje odbija ove zrake, pa se zbog toga naročito dobro može prikazati vegetacija, zbog reagovanja hlorofila na infracrvene zrake. Panhromatska fotografija je pogodna za analizu urbanog dela i stenovite podloge. Kod IC snimaka vode su prikazane tamnom nijansom, a kod panhromatske svetlom. Kod panhromatske fotografije trava je tamnijih boja, a kod IC fotografije svetlijih nijansi.

Snimci dobijeni uz pomoć IC zračenja primenjuju se u geologiji, geomorfologiji, pri proučavanju vulkana, lednika, u poljoprivredi, urbanizmu, itd. Fotografije ove vrste mogu se dobijati i noću, pa se zbog toga primenjuju u vojne svrhe. IC zraci probijaju se kroz maglu, izmaglicu, dim i slično.

Mikrotalasno područje obuhvata zračenja velikih talasnih dužina i to od 1000 μm – 1 000 000 μm (1 mm – 1 m). Ovo je područje EM spektra sa najvećim talasnim dužinama koje se koristi u daljinskoj detekciji. Mikrotalase može emitovati površina Zemlje (prirodnim putem) ili čovek (veštačkim putem). Kroz atmosferu mikrotalasni zraci prodiru velikom brzinom, a prodiru i kroz maglu, oblake, krošnje drveća, pa čak i kroz plitke naslage na površini terena, kao što su peskovi i aluvijalni sedimen-

ti. Ovaj vid zračenja svakodnevno nalazi sve veću primenu u daljinskoj detekciji, kao i kod svih izviđanja i snimanja za vojne potrebe.

Radio-talasi predstavljaju zračenje sa najvećim talasnim dužinama, preko 1 000 000 μm (preko 1 m). Radio-talasi su veštačkog porekla. Koriste se u telekomunikacijama i nemaju veću primenu u daljinskoj detekciji.

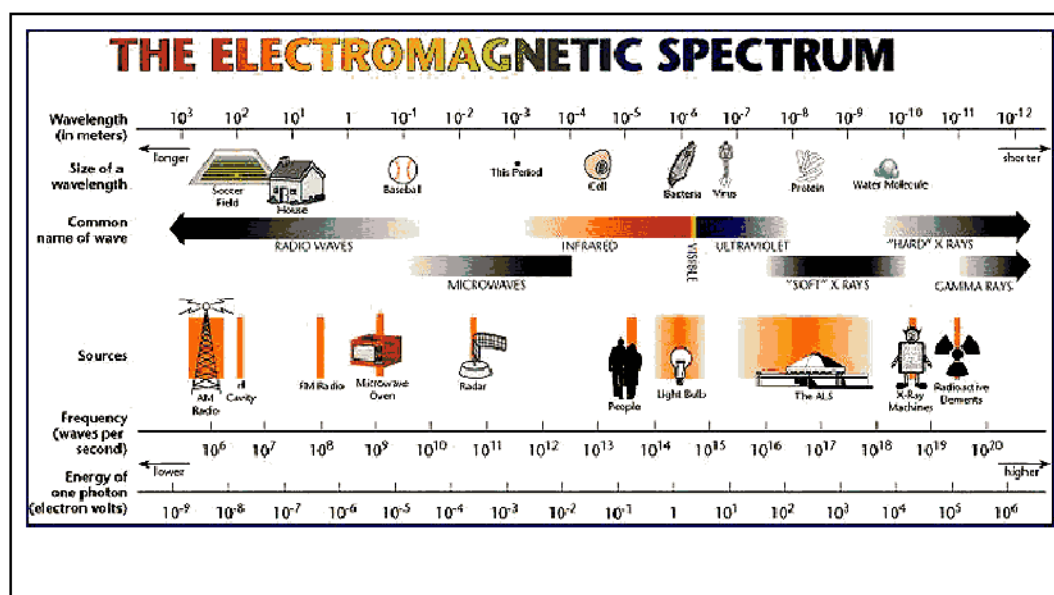
Glavni emiteri EM zračenja su Sunce, površina Zemlje sa objektima na njoj i veštački izvori koje stvara čovek. Sunce je najdominantniji emiter, ali se samo deo spektra probije kroz atmosferu, odbije od površine Zemlje i dođe do senzora, jer količina energije Sunca nije ravnomerno raspoređena po spektralnim područjima. Najveći procenat energije je u vidljivom delu spektra, zatim u IR delu, ultraljubičastom, a zanemarljiv je u području mikrotalasa, radio-talasa i γ i χ zračenja. Veštački izvori elektromagnetne energije su raznovrsni i emituju zračenja

različitih talasnih dužina. U tabeli 2 prikazani su samo neki od ovih izvora.

Tabela 2
Izvori elektromagnetne energije [4]

I z v o r	Vrsta zračenja
Skener sa pozitronskom emisijom	γ -zruci
Rendgenska cev	h-zruci
Ultraljubičasta lampa	UV zruci
Elektronski fleš fotoaparata	vidljivi zruci
Laser	vidljivi zruci
Motor sa unutrašnjim sagorevanjem	IC zruci
Infracrvena lampa	IC zruci
Mikropećnica	mikrotalasi
Radar	mikrotalasi
UHV TV odašiljač	mikrotalasi
UHV TV odašiljač	radio-talasi

Uzajamni odnos između vrednosti talasne dužine u odnosu na objekte u prirodi, elektromagnetnog zračenja, izvora zračenja i frekvencije talasa prikazan je na slici 6.



Platforma

Platforma je pokretni nosač senzora, koji treba da omogući registraciju elektromagnetne energije na većoj površini terena. Ona može da se kreće po površini zemlje (terestrička platforma), u vazдушnom prostoru (aeroplatforma) i u kosmosu (kosmička platforma) – slika 7.

U svim slučajevima platforma treba da obezbedi sistematsko snimanje. Da bi ovaj zahtev bio ispunjen pravci kretanja platforme moraju biti unapred utvrđeni i prostorno definisani. Tokom kretanja mora neprekidno da postoji mogućnost određivanja njenog tačnog položaja. Dobar kvalitet snimaka podrazumeva visoku stabilnost platforme, odnosno senzora pri kretanju.

Terestričke platforme mogu se kretati po kopnu ili vodi, te se u te svrhe koriste vozila ili plovila, posebno opremljeni automobili, odnosno brodovi.

Poseban vid terestričkog fotografiskog snimanja je senzor, odnosno fotokamera kombinovana sa teodolitom. Ovako nastao instrument naziva se fototeodolit. Platformu senzora čini stativ koji se posle svakog načinjenog snimka pomera sa

jedne stajne tačke na drugu. Na taj način pokrivena je jedna traka terena, obično nepristupačna kanjonska strana, ili slično. Savremena daljinska detekcija dosta koristi ove platforme i senzore, posebno pri inženjersko-geološkim i strukturnim istraživanjima.

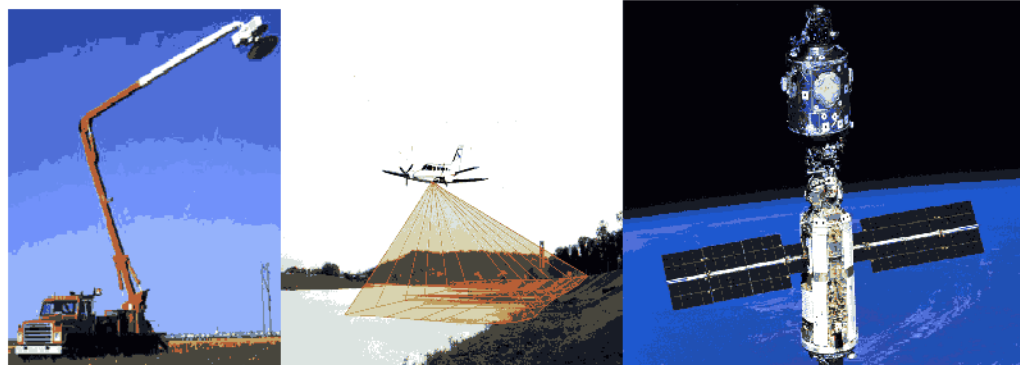
Aerofoto snimanje izvodi se pomoću letelica – balona, helikoptera i aviona. Aero platforme nalaze se u vazдушnom prostoru na određenim visinama. Kao i kod terestričke platforme, na početku se utvrđuje pravac kretanja platforme, kako bi mogla da se izvode sistematska snimanja.

Sa platformi iz vazdušnog prostora obavljaju se snimanja:

- visoko aerofoto snimanje. Izvodi se uređajem za snimanje smeštenim na centralni deo specijalnog aviona najveće brzine (spejs šatl);

- aerofoto snimanje srednjih visina. Za platformu koristi avionske letelice srednjih brzina (mlazni avioni), a uređaj za snimanje je, takođe, na donjem delu letelice;

- aerofoto snimanje malih visina. Izvodi se do par kilometara, a za platformu koristi najjednostavnije avionske le-



Sl. 7 – Terestričke platforme, aeroplatforme, kosmičke platforme [6]

telice, balone i helikoptere. Uređaj za snimanje može, a ne mora da bude fiksiran za letelicu.

Kao kosmičke platforme koriste se veštački Zemljini sateliti i kosmički brodovi. Sateliti imaju fiksnu putanju kretanja i rade potpuno automatizovano, bez ljudske posade. Putanja kretanja kosmičkih brodova je promenljiva, dirigovana komandama posade. Ukoliko je brod automatizovan, bez ljudske posade, njegovim kretanjem upravlja se radio-vezom iz komandnog centra sa Zemlje. Za sistematska snimanja iz kosmosa redovno se koristi više različitih senzora.

U praksi je veoma teško održati satelit na pravilnoj orbiti (putanji). Neki sateliti, pre svega vojni, da bi mogli snimati u krupnijoj razmeri, ne samo da su bliži Zemlji (od 160 do 250 km), već se kreću po prilično izduženim eliptičnim putanjama, tako da se iznad zainteresovanog područja nađu na što manjim visinama. Takvi sateliti obično imaju male „sisteme“ kojima vrše korekciju putanje i time produžavaju vreme svog trajanja i operativnog rada. Za potrebe daljinskih istraživanja najbolje je kombinovati snimke Zemljine površi dobijene sa različitih platformi.

Senzori

Senzori su uređaji za uočavanje, registrovanje i merenje zračenja elektromagnetne energije, bilo da se radi o emitovanoj ili reflektovanoj energiji. Najstariji senzor je ljudsko oko i ono registruje samo vidljivi deo spektra. Senzori su i skeneri, radari, kamere i slični uređaji.

Postoje mnoge podele postojećih senzora, a osnovna se zasniva na poreklu

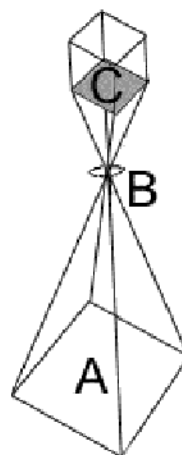
registrovane energije, prema kojoj razlikujemo pasivne i aktivne senzore.

Prema konstruktivnim karakteristikama i načinu rada senzori se mogu svrstati u tri osnovne grupe: foto-optički, elektro-optički i mikrotalasni senzori.

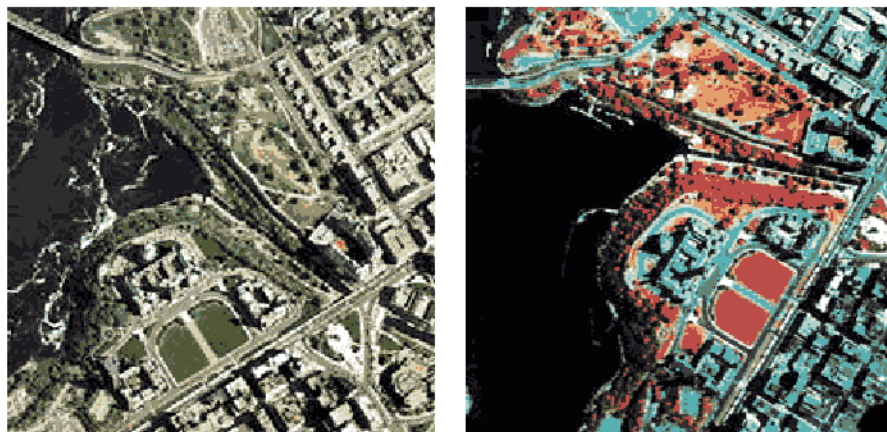
Foto-optički senzori

Foto-optički sistemi (poznatiji kao foto-kamere) imaju najdužu primenu u daljinskoj detekciji (fotogrametriji).

Princip fotogrametrijskog snimanja zasnovan je na skoro trenutnom nastajanju snimka na osnovu centralne projekcije prostora. Na slici 8 prikazan je koncept aerofotogrametrijskog snimanja, gde se teren (A), nakon prolaska svetlosnog signala kroz objektiv (B), registruje u fokusnoj ravni (C) uz pomoć pasivnog senzora (foto-emulzije). Foto-emulzije su osetljive na svetlost talasnih dužina od 0,3 μm do 0,9 μm , čime se pokriva deo ultraljubičastog spektra, celo vidljivo područje i deo infracrvenog spektra.



Sl. 8 – Koncept aerofotogrametrijskog snimanja [1]



Sl. 9 – Kolor i falš-kolor snimak nastao skeniranjem aerofotografije [8]

Panhromatski filmovi detektuju UV i vidljivo područje spektra. To su crnobeke fotografije, koje su najčešće primenjene u aerofotogrametriji. Infracrvene crnobeke emulzije, pored bele svetlosti detektuju i infracrveni deo do $0,9 \mu\text{m}$. Boje na snimku nemaju prirodne tonove, ali je moguće, zahvaljujući termalnom zračenju i IC zracima, prikupiti dodatne informacije o vrsti objekata na terenu, što posebno važi za vrstu vegetacionog pokrivača i površine bogate vodom.

Kolor filmovi imaju tri nivoa emulzije osetljivih na tri osnovne boje, te za čoveka izgledaju normalno. Kolor infracrvene emulzije imaju takođe tri nivoa filma koji su osetljivi na zelenu, crvenu i blisku infracrvenu radijaciju, a na fotografiji se prikazuju kao plava, zelena i crvena, respektivno. Falš-kolor fotografije prikazuju infracrvenu boju crvenom, crvenu kao zelenu, i zelenu kao plavu, što čoveku takođe daje „falš“ prezentaciju stvarnosti. Na slici 9 prikazan je isti teren snimljen u kolor i falš-kolor tehnici.

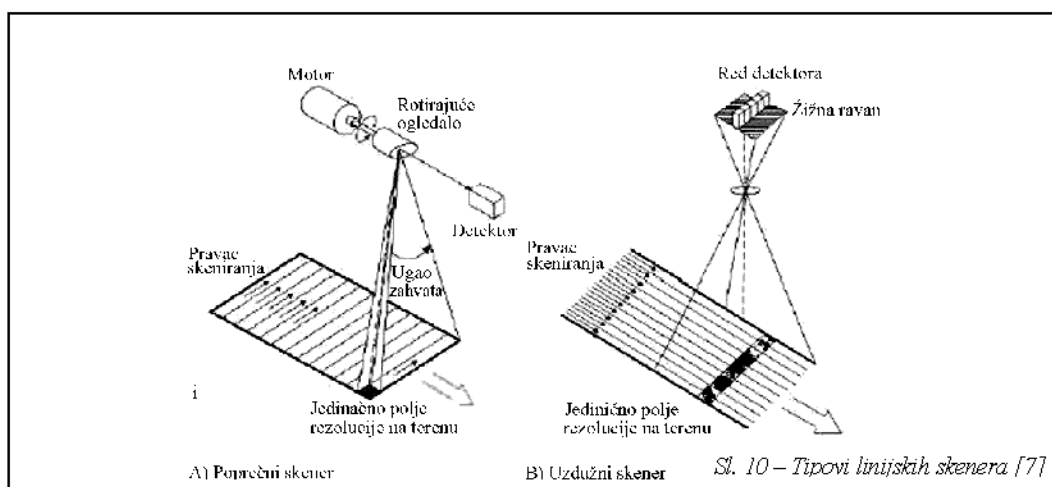
Fotogrametrijska kamera može biti postavljena na različitim platformama

poput onih na Zemlji (terestričkih), na avionu, helikopteru ili satelitu. Najveći značaj imaju i najčešće se primenjuju aerofotogrametrijske kamere.

Elektrooptički senzori

Uređaji koji registruju i pretvaraju elektromagnetnu energiju (emitovanu i reflektovanu) u električni impuls nazivaju se elektrooptički senzori (elektrooptički sistemi). Impulsi dalje stvaraju prepoznatljivu sliku iz prirode. Među elektrooptičkim sensorima razlikuju se video i televizijske kamere, vidikon kamere i skeneri. Fotografske, video, televizijske i vidikon kamere registruju EM zračenje trenutno za celo posmatrano područje.

Skeneri se najviše primenjuju u daljinskom snimanju Zemlje, a pomoću njih snimak nastaje skeniranjem linija, sukcesivno. Prema načinu na koji snimak nastaje skeniranjem, postoje različite konstrukcije skenera. Na slici 10 prikazani su najčešće primenjivani, poprečni (along track) i uzdužni skeneri (across track).

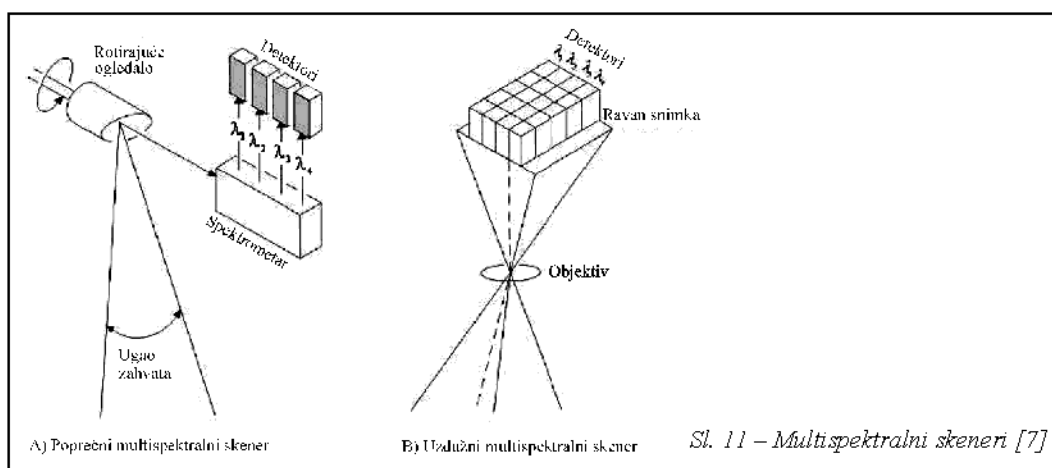


Elektrooptički sistem koji posebno registruje elektromagnetnu energiju različitih talasnih dužina, tj. zračenja različitih spektralnih područja, naziva se multispektralni skener (slika 11).

Multispektralni skeneri novijih konstrukcija mogu registrovati i preko 10 kanala. Svaki registrovani snimak u određenom kanalu predstavlja zasebnu crno-belu sliku snimljenog područja i naknadnim kombinovanjem mogu nastati kolor kompoziti. Raspon talasnih dužina koje registruju multispektralni skeneri kreće se od 0,3 do 1,4 μm .

Za daljinska istraživanja značajan je termalni infracrveni skener, koji pretvara infracrveno zračenje u električne impulse. Sastoji se od podloge, filma, magnetoskopske trake i računarskog diska (CD-a). Energija se prevodi u vidljivu sliku na isti način kao kod multispektralnog skenera.

Senzori iz grupe elektrooptičkih senzora imaju neke prednosti u odnosu na foto-optičke. Ovde se misli na znatno šire područje registrovanja spektralnih područja, energija se može zabeležiti na CD-u, pa se može računarski obraditi.



Zabeležena energija može se neposredno posmatrati i prenositi radio-vezom, što znači da su snimanja automatizovana, dugotrajna i da se mogu vršiti bez direktnog učešća čoveka.

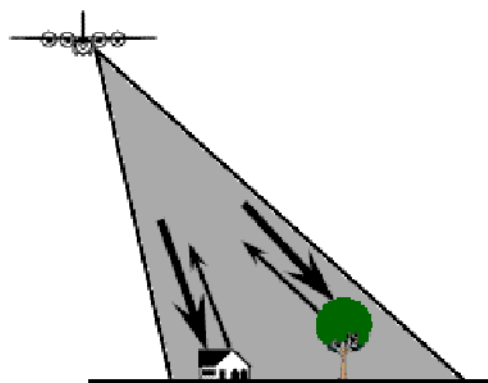
Najveću primenu ovi senzori imaju u geodeziji i kartografiji za kartiranje, u geologiji sa akcentom na utvrđivanje geološke građe terena, u poljoprivredi na pedološki sloj i različite kulture, u šumarstvu na vegetacioni pokrivač, u hidrologiji na vode, itd. Tu su još i neke specifične primene poput praćenja i predviđanja elementarnih nepogoda i prirodnih katastrofa usled pomeranja tla, zaštita životne sredine i druge. Takođe, važno je istaći da sistem daljinske detekcije ima dugu tradiciju u vojnim primenama, pre svega za izviđačke svrhe. Početak razvoja i primene daljinske detekcije proizašao je iz zahteva armija ekonomski najrazvijenijih zemalja za praćenje stanja svih drugih zemalja.

Mikrotalasni senzori

Senzori iz grupe mikrotalasnih mogu samo beležiti energiju objekta posmatranja (pasivni) i mogu proizvoditi, slati i registrovati elektroenergiju (aktivni). Elektromagnetna energija koja se emituje može biti prirodna – emituje je objekat, ili veštačka – emitovana sa nekog veštačkog izvora, poslata objektu i reflektovana od njega.

Intenzitet prirodnog mikrotalasnog zračenja je izuzetno slab, pa se pasivni senzori ne koriste u daljinskoj detekciji. Osnovni aktivni senzor iz grupe mikrotalasnih sistema je radar. Naziv radar je akronim reči RADIO DETECTION AND RAN-

ging, što u slobodnom prevodu znači otkrivanje i merenje udaljenosti objekta radio-talasima. Radar se u daljinskoj detekciji može koristiti i danju i noću, jer kod njega proces detekcije zračenja ne zavisi od Sunčeve energije (slika 12). On proizvodi mikrotalasno zračenje, emituje to zračenje prema objektu i registruje odbijenu energiju kao signal nazvan eho. Intenzitet eha za jedan tip radara zavisi od osobina objekta. Mikrotalasi prodiru kroz oblake i maglu, koji drugim sensorima predstavljaju velike smetnje pri detekciji.



Sl. 12 – Radarsko snimanje terena [1]

Radar je najpogodniji za daljinska istraživanja, jer ne zavisi od vremenskih uslova. Radarsko snimanje može se izvoditi i danju i noću, zraci lako prolaze kroz oblake i maglu i sl. Uređaji se mogu podesiti tako da se registruju određeni zraci pod uglom, kako bi se iskazala svojstva određene pojave.

Daljinska detekcija koristi radar sa bočnim zahvatom, koji se javlja u dve varijante: kao radar sa realnom i kao radar sa sintetičkom aperturom. Apertura predstavlja otvor kroz koji senzor reflektuje ili prima elektromagnetnu energiju, a

sastoji se i od antene, odašiljača i prijemnika. Radar sa bočnim zahvatom poznat je pod nazivom SLAR (Side Looking Airborne Radar), u slobodnom prevodu bočno usmereni radar za snimanja iz vazdušnog prostora. Ovaj naziv se sve češće zamenjuje kraćim nazivom SLR, od Side Looking Radar (bočno usmereni radar), pošto se ovaj senzor široko koristi i pri kosmičkim snimanjima.

Radar sa realnom aperturom, nazvan RAR (Real Aperture Radar), obuhvata već poznate elemente: antenu (koja služi za emitovanje i prijem energije), odašiljač, prijemnik, prekidač za promenu funkcije antene, katodnu cev za prikaz registrovanog reflektovanog zračenja i fotografski uređaj za trajno pohranjivanje ovog zračenja. Osnovno ograničenje RAR sistema jeste mala dužina antene, što uslovljava i nizak kvalitet snimka.

Radar sa sintetičkom aperturom poznat je pod imenom SAR (Synthetic Aperture Radar). Antena ovog senzora je veštački (sintetički) produžena, za šta je iskorišćeno kretanje letelice. Stvarna antena, npr. dužine 1–2 metra, postavljena na avionu, može proizvesti sintetičku antenu dužine i do 600 metara. Stvarna antena od 11 metara, postavljena na kosmičkoj letelici, može sintetizovati antenu efektivne dužine od 15 kilometara.

U daljinskoj detekciji koriste se sve vrste radara i sve vrste senzora. Najbolja je kombinacija svih sistema (senzora), zato što svaki pojedinačno ima određene nedostatke.

Karakteristike senzora

Bitne karakteristike senzora koje dolaze do izražaja u daljinskim istraživanjima su:

- prostorna rezolucija – najmanja jedinica zemljišta koja se na snimku može prepoznati (30x30 m, 5x5 m i sl.);

- spektralna rezolucija – određena širinom spektralnih kanala i brojem kanala koji stoje na raspolaganju, na primer, crnobela fotografija dobijena je u jednom kanalu, a multispektralni skeneri daju proizvode sa više spektralnih kanala;

- radiometrijska rezolucija – ukupan broj sivih nijansi u jednom kanalu (najčešće 256 ili 64);

- vremenska rezolucija – period u kojem satelit prelazi isto područje (izraženo brojem dana);

- položajna tačnost – tačna lokacija u realnom prostoru;

- visinska tačnost – treća dimenzija objekta, pojave ili procesa;

- raspoznavanje objekta, pojave ili procesa – dešifrovanje objekta sa snimka.

Prostorna rezolucija i veličina piksela

Senzori koji obavljaju snimanja sa kosmičkih platformi zahvataju široko područje Zemljine površine, pa zato najčešće ne mogu prikazati sitnije detalje. S druge strane, senzori koji su na terestričkim ili aeroplatformama mogu prikazati mnoge detalje, ali zato zahvataju malu površinu. U tome je jedna od glavnih razlika daljinske detekcije i aerofotometrije.

Prostorna rezolucija predstavlja meru prostorne detaljnosti snimka, koja je u funkciji konstrukcije senzora i visine leta, tj. orbite platforme. Rezo-

lucija se, najčešće, izražava kao veličina površine piksela na Zemlji. Da bi se neki objekat mogao prepoznati potrebno je da njegove dimenzije budu veće od veličine piksela. Međutim, i objekat koji je manji od piksela može biti detektovan, ako je mnogo svetliji ili tamniji od svoje okoline, jer će dominirati u sumi vrednosti energije koja je dospela do senzora za tu elementarnu površinu. Na taj način se otkriva da se tu nešto nalazi, iako se neće znati šta je to. Oblast koju je senzor zahvatio na površini Zemlje naziva se rezolucijska ćelija i određuje najveću prostornu rezoluciju snimka.

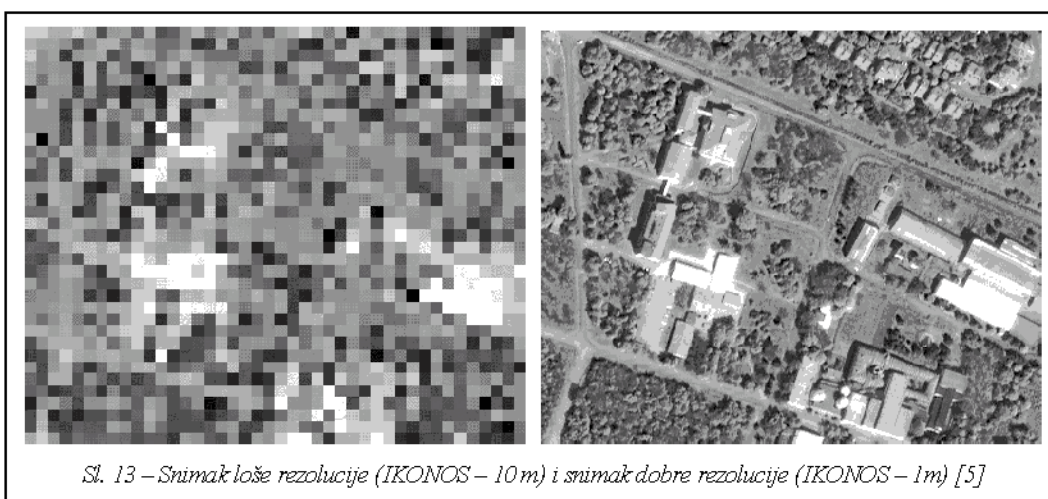
Postoji bitna razlika između piksela i prostorne rezolucije. Ako je prostorna rezolucija nekog sistema jedan metar, to znači da je veličina piksela na snimku 1x1 metar. U većini slučajeva su isti, ali je moguće prikazati snimak sa različitom veličinom piksela u odnosu na prostornu rezoluciju. U tabeli 3 date su vrednosti prostorne rezolucije nekih satelitskih misija.

Tabela 3
Prostorne rezolucije nekih satelitskih misija [4]

Misija	Panhromatski (m)	Multispektralni (m)
Landsat 7 ETM	15	30 i 60
Spot 4	10	20
Spot 5	2,5; 5 i 10	20
IKONOS	1	4
Radarsat II	12,5 i 1000	–
Alos	2,5	2,5
IRS-P5	2,5	–

Često se koriste pojmovi „loša“ i „dobra“ rezolucija snimka. Pod lošom rezolucijom podrazumeva se takva prostorna rezolucija pomoću koje nije moguće videti sitnije detalje postojeane u prirodi. Dobra rezolucija je takva da se na snimku mogu videti i sitnije pojave i oblici. Snimci koji se koriste u vojne svrhe imaju veoma visoku rezoluciju u odnosu na komercijalne, a sistemi pomoću kojih se oni dobijaju obično su pod određenim stepenom tajnosti.

Na slici 13 prikazan je snimak loše i dobre rezolucije. Snimci koji se koriste u vojne svrhe imaju visoku rezoluciju zbog

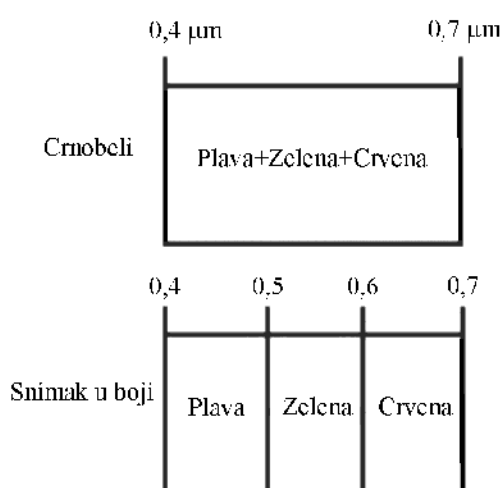


Sl. 13 – Snimak loše rezolucije (IKONOS – 10 m) i snimak dobre rezolucije (IKONOS – 1m) [5]

potrebe da se vidi što više detalja, dok se u daljinskoj detekciji koriste snimci od metarske rezolucije do snimaka sa kilometarskom rezolucijom. Dakle, što je obuhvaćena manja površina Zemlje, to je bolja rezolucija snimka.

Spektralna rezolucija

Spektralna rezolucija predstavlja blizinu i broj spektralnih kanala korišćenih u senzoru. Takođe, spektralna rezolucija može se opisati kao mogućnost senzora da registruje različite delove EM spektra, odnosno manje intervale talasnih dužina, kao i mogućnost razlikovanja bliskih intervala. Ona pokazuje koje delove spektra senzor pokriva i koliko kanala može registrovati. Kod klasifikacije je povoljnije da senzor ima spektralno uske kanale, ali istovremeno veliki broj kanala, kako bi bili zahvaćeni svi željeni delovi spektra. To je jednostavno prikazano na slici 14. Što je finija spektralna rezolucija, to je uži interval talasne dužine za određeni kanal.



Sl. 14 – Spektralna rezolucija crnobelog i kolor snimka [4]

Crnobeli snimci registruju čitav interval zračenja vidljivog dela spektra u samo jednom kanalu. Njihova spektralna rezolucija je veoma loša, zbog toga što različiti intervali talasnih dužina vidljivog dela spektra nisu pojedinačno registrovani, već je registrovana sva odbijena energija iz vidljivog dela spektra. Kolor snimci su, takođe, osetljivi samo na vidljivi deo spektra, ali je kod njih posebno registrovan deo zračenja talasnih dužina plave, zelene i crvene boje, pa time imaju i bolju spektralnu rezoluciju. U praksi se izraz visoka spektralna rezolucija koristi kod sistema sa većim brojem spektralnih kanala.

Da bi snimak imao što bolju spektralnu rezoluciju potrebni su senzori koji će registrovati zračenja iz različitog dela spektra, odnosno uske intervale talasnih dužina. O takvim senzorima je ranije bilo reči i oni se nazivaju multispektralni skeneri. Danas postoje i napredni multispektralni skeneri koji se nazivaju hiperspektralni skeneri. Oni registruju stotine uskih intervala talasnih dužina vidljivog dela, bliskog i srednjeg infracrvenog područja elektromagnetnog spektra.

Radiometrijska rezolucija

Signal koji dospeva do senzora je kontinualnog tipa, pa se mora kvantifikovati u obliku diskretnih vrednosti. Osetljivost snimka na količinu registrovane energije dobijene pomoću senzora određuje veličinu radiometrijske rezolucije, koja govori o mogućnosti da se prikaže što manja promena u energiji. Što je ova

rezolucija senzora bolja, to je i registrovanje malih razlika u emitovanom ili odbijenom zračenju bolja, tj. moguće je prikazati manje promene EM energije.

Kao što je rečeno, snimak se sastoji od velikog broja piksela. Svaki piksel nosi određenu količinu informacija o delu terena koji je njime obuhvaćen. Količina informacija koju sadrži jedan piksel meri se brojem bitova koji taj piksel reprezentuje i naziva se dubina piksela. Jedan bit je binarna jedinica, „broj“ koji može da ima jednu od dve moguće vrednosti 0 ili 1, ili drugim rečima „isključeno“ ili „uključeno“. Osnova za taj zapis je 2. Prikazuju se u ovom sistemu, jer je čitav računar zasnovan na binarnom sistemu brojeva. Bit je eksponent osnove, pa ako je snimak zapisan u 1 bitu to bi bilo $2^1 = 2$. To znači da bi emitovana ili reflektovana energija koja je registrovana bila prikazana samo u dve vrednosti. Ako je snimak u osmобitnom zapisu, onda bi to bilo $2^8 = 256$, što znači da će energija koja je registrovana biti prikazana u 256 vrednosti i to u nizu od 0 do 255.

Za beleženje više nijansi sivog tona potrebno je povećati dubinu piksela. Najčešće korišćeni broj bitova za prikaz jednog piksela prikazan je u tabeli 4.

Tabela 4
Standardni broj bitova za prikaz jednog piksela [7]

Broj bita	Broj nijansi sivog tona
8	$2^8 = 256$
16	$2^{16} = 65\,536$
24	$2^{24} = 16\,777\,216$

Pri skeniranju analognog snimka u crvenom, zelenom i plavom delu spektra,

umesto jedne, kao kod monohromatskog snimka, dobijaju se tri matrice, a isti piksel tri digitalne vrednosti. Istovremenim prikazom sve tri matrice, tj. sve tri boje u intenzitetu koji determiniše nivo sivog tona za svaku od njih dati piksel dobija stvarnu boju. Osnovne boje prikazane su osmобitnim zapisom u 256 nijansi, čime se na izlazu dobija 2563, tj. više od 16 miliona boja u 24-bitnom zapisu. Danas je uobičajeno da se za zapis kolor snimka uzima 24-bitna ili još kvalitetnija dubina piksela, ali nije retkost da se i kolor snimak prikazuje osmобitnim zapisom. Prikaz crvenog, zelenog ili plavog tona istog piksela reguliše se preko kolor mape koja sadrži procedure za učitavanje svakog piksela kolor slike kroz tri podnivoa učitavanja svake boje u malim intervalima, da bi se na kraju ostvarilo kolor viđenje. Kolor mapa je u funkciji hardvera na kojem se vrši prikaz slike, kao što su monitor, ploter i drugo.

U tabeli 5 prikazan je primer šesto-bitnog zapisa gde je nivo sivog tona prikazan u 64 nijanse.

Tabela 5
Crnobela slika prikazana paletom od 0 do 64 nivoa sivog tona [7]

12	9	14	19	12	9	14	19	9
14	16	23	34	14	33	23	34	33
13	25	17	25	13	16	17	25	16
10	13	38	12	10	13	38	12	13
8	19	43	19	8	19	43	19	19
16	0	26	5	16	0	26	5	0
25	12	12	17	25	12	12	17	12
34	22	15	23	34	22	15	23	22
22	21	19	36	22	21	19	36	21

0	8	16	24	32	40	48	56	64	

Vrsta zapisa determiniše broj mogućih vrednosti nivoa sivog tona (nijansi), što je u direktnoj vezi sa kvalitetom rasterske slike i vernošću zabeleženog elektromagnetnog odraza. Čovek je u mogućnosti da svojim okom razlikuje od 20 do 30 nijansi sivog tona. Razbijanje (diskretizacija) analognog snimka na mnoštvo malih ćelija (piksela) sa jednoznačno definisanim položajem i brojčano izraženom vrednošću nivoa sivog tona je prelomni momenat i uvod u digitalnu obradu snimaka. Digitalna obrada snimaka je, u krajnjoj liniji, rezultat primene saznanja koja je razvila teorija obrade signala i samim tim još jedan pokazatelj interdisciplinarnosti daljinske detekcije, kako u njenoj teoriji, tako i u praksi. Jedini nedostatak snimaka koji imaju visoku radiometrijsku rezoluciju je količina memorije koju oni zauzimaju. Što je radiometrijska rezolucija viša, to snimak zauzima više memorije.

Vremenska rezolucija

Promene na Zemljinoj površi dešavaju

se u intervalima od nekoliko godina do nekoliko vekova, ali se i menjaju iz dana u dan, pa je potrebno često i permanentno opažanje iz svemira. Ponovno snimanje istog područja posle nekog vremena pruža mogućnost različitih analiza promena nastalih uticajem čoveka ili prirode. Vremenska rezolucija odnosi se na vreme, odnosno označava koliko često satelit može snimiti isto područje [3]. Izražava se periodom između dva uzastopna snimanja istog područja.

Snimci

Pod snimkom se podrazumeva svaki zapis zračenja elektromagnetne energije. Drugim rečima, zabeležen elektromagnetni spektar ili zabeleženo zračenje koje nosi elektromagnetna energija zove se snimak. On nije fotografija; njegovo značenje je znatno kompleksnije i šire. Fotografija je samo jedna vrsta snimka. Danas se snimak koristi u mnogim oblastima ljudske delatnosti, kako za analitičke, tako i za merne svrhe.

Na osnovu snimaka dobijaju se pouzdane informacije o promenama na zemljištu i objektima na njemu. Snimak predstavlja značajan izvor informacija posmatranog



Sl. 15 – Satelitski snimci, kolor i crnobeli [5]



Sl. 16 – Zračenje EM spektra
registrovano kao fotografija [1]

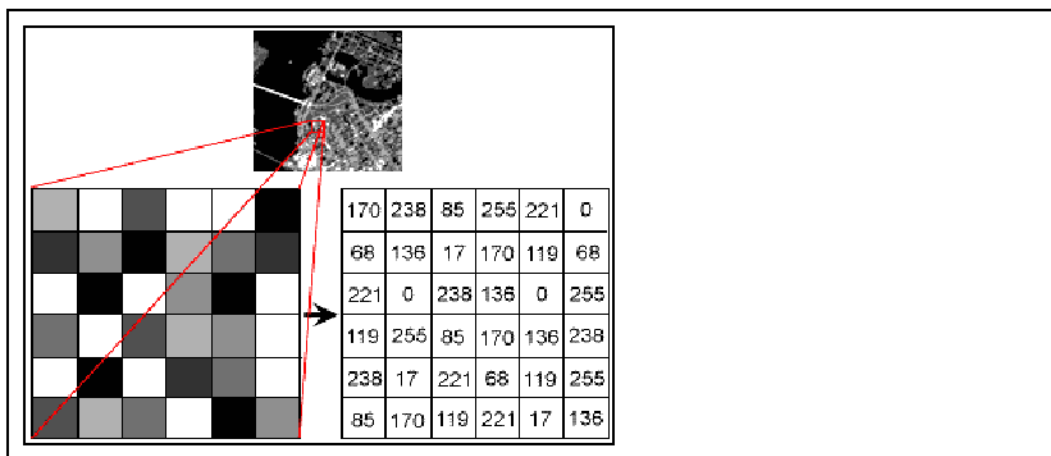
objekta, pojave ili procesa. On nije upotrebljiv ako samo registruje spektar elektromagnetne energije, već je zbog toga neophodno da prevede tu energiju u vidljivu i jasnu sliku. Kod obične fotografije on se odmah javlja kao vidljiva slika, ali kod ostalih sistema to nije slučaj (radar, skener). Kod radara ili skenera on se obrađuje putem računara i prikazuje na ekranu, zatim se može štampati ili preneti na filmsku traku i dalje obrađivati. Vidljiva slika snimka može biti kolor, crnobela, lažni kolor, kolor kompozit i dr. Kolor kompoziti su proizvodi dobijeni kombinovanjem monohromatskih snimaka iz različitih senzora. U pojedinim oblastima istraživanja koristi se *lažni film*, kako bi se lakše otkrile određene pojave na terenu. U daljinskoj detekciji naročitu primenu našli su u otkrivanju vegetacionog pokrivača (analiza vegetacije). U određenim istraživanjima kombinuju se snimci različitih boja.

U praksi se javlja više vrsta snimaka. Za potrebe daljinskih istraživanja koriste se skenogrami – ukoliko je snimanje izvršeno skenerskim senzorom, fotografami – ukoliko je snimanje izvršeno fotoagrafskim aparatom sa Zemlje i radarski snimak – ukoliko je senzor radar. Fotografski snimci često se digitalizuju i računarski obrađuju.

U zavisnosti od senzora koji će reprodukovati snimak, zavisi i rezolucija snimka. Fotografski snimci imaju bolju rezoluciju nego radarski i skenerski, crnobi bolju od kolor snimaka, itd. Kada se snimci posmatraju kao digitalna slika u računaru, rezolucija onda predstavlja najmanju jedinicu elementa slike (piksel).

Registrovano zračenje elektromagnetne energije može biti predstavljeno na dva načina: analogno (fotografski) i digitalno (nefotografski).

Analogni način predstavljanja podrazumeva prikaz elektromagnetnog zra-



čenja putem fotografija (slika 16), tj. zračenje se detektuje na fotoemulziji.

Digitalni način predstavljanja zračenja EM energije snimkom ogleda se u tome da je slika predstavljena u digitalnoj formi deljenjem u male površine iste veličine, nazvane pikseli (slika 17).

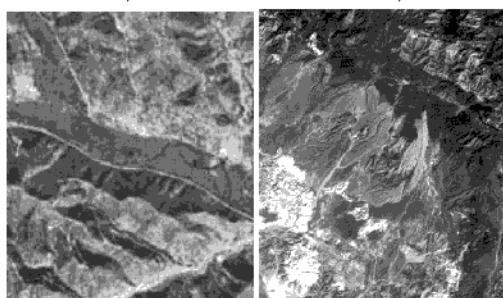
Analogni snimak se posle obrade foto-emulzije javlja kao slika, dok se digitalni, dobijen pomoću radara ili skenera, prvo obrađuje pomoću računara i prikazuje na ekranu, kasnije se ili štampa ili prenosi na film i dalje obrađuje.

Snimak može biti (slika 18): crno-beli; falš-kolor; kolor kompozit; kolor snimak, itd.



a)

b)



c)

d)

Sl. 18 – Vrste snimaka: a) crnobeli, b) kolor snimak, c) kolor kompozit, d) falš-kolor [8]

Radi što uspješnije interpretacije podataka snimci se obrađuju uz korišćenje veli-

Sl. 17 – Digitalni snimak predstavljen pikselima i digitalnim brojevima [1]

kog

broja

programskih paketa namenjenih obradi snimaka dobijenih kao rezultat daljinskih opažanja. Računarskom obradom postižu se znatna poboljšanja snimka. Pomoću takvih softverskih rešenja moguće je poboljšati kvalitet snimka, vršiti geometrijske korekcije, poboljšati kontrast, kao i ujednačavanje svih delova jednog ili više snimaka po intenzitetu osvetljenja i kontrasta.

Najvažnije kvalitativne karakteristike digitalnog snimka, kao i senzora pomoću kojih nastaju, jesu: veličina piksela; prostorna rezolucija; spektralna rezolucija; radiometrijska rezolucija; vremenska rezolucija; geometrijska deformisanost snimka.

Informacija

Podatak je predstava nekog objekta, pojave ili procesa u realnom vremenu,

dok se samo obrađeni podatak koji je spreman za upotrebu naziva informacija. Informacije za upotrebu, dobijene daljinskom detekcijom, specifične su u odnosu na druga istraživanja životne sredine. Na osnovu proizvoda daljinske detekcije može se izvoditi sinteza određenih prostornih podataka, kao i proučavati znatno veća površina prostora nego što je to slučaj sa terenskim istraživanjima. Proizvodi daljinske detekcije su znatno jeftiniji i mnogo racionalniji od samog terenskog rada.

Krajnji rezultat i cilj analize i interpretacije snimaka ili celokupnog procesa daljinske detekcije predstavlja korisna informacija o objektu na terenu. Informacija dobijena primenom daljinske detekcije terena kvalitativno i kvantitativno se razlikuje od rezultata drugih vrsta istraživanja.

Podacima daljinske detekcije nov kvalitet daju i snimanja u nevidljivim delovima spektra elektromagnetne energije. Njeni senzori projektuju se tako da registruju određeni opseg EM zračenja, a kombinacijom više senzora na različitim kanalima (opsezima) registracije može se unaprediti analiza i interpretacija snimljenog sadržaja.

Terenska merenja nikada ne pokrivaju celu površinu istraživanog područja. Primenom postupaka daljinske detekcije, logičke ili instrumentalne analize i interpretacije merenja na snimku obavljaju se na celoj površini snimka. Prohodnost terena, spoljni klimatski uslovi, doba dana i drugi ograničavajući faktori terenskih merenja ne utiču na merenja na snimku u domenu daljinske detekcije.

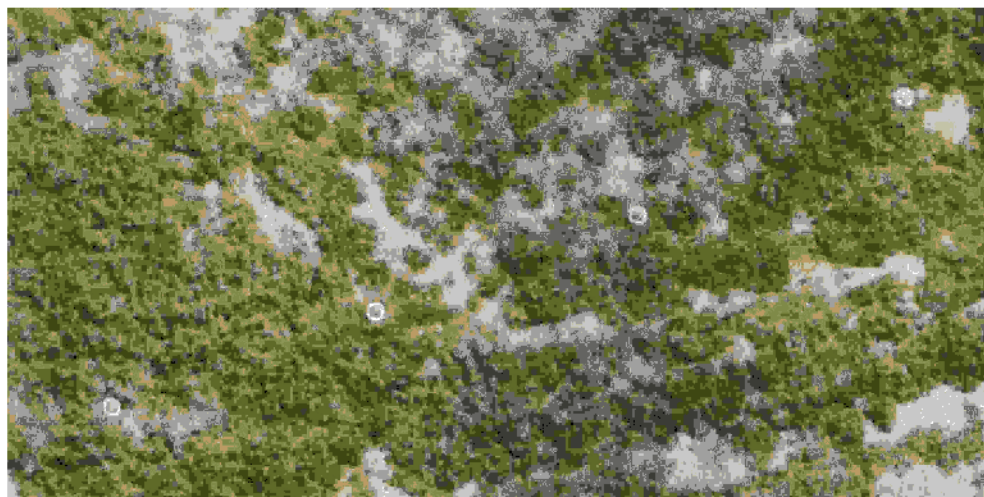
Kvantitativna i kvalitativna vrednost dobijenih informacija daljinske detekcije,

kao nove i drugačije kategorije podataka, nije u suprotnosti i ne isključuje rezultate klasičnih metoda merenja već se međusobno dopunjuju, što ih čini objektivnijim i pouzdanijim. Primenom daljinske detekcije ceo proces geodetskih radova se usmerava i postaje efikasniji, ekonomičniji i racionalniji.

Primena informacija daljinske detekcije za vojne potrebe

Daljinska detekcija je svojim široko prihvaćenim postupcima i metodama našla veliku primenu u vojnoj delatnosti pri izviđanju, snimanju i praćenju za različite namene. Ovu tvrdnju najbolje mogu dokazati već realizovana istraživanja iz oblasti primene daljinske detekcije u otkrivanju minskih polja.

U ratovima se uvek postavlja veliki broj različitih mina, pojedinačno ili u vidu minskih polja. Po završetku borbenih dejstava mnoge od njih ostaju neotkrivene, pa time i mnogi putevi neprohodni, veliki prostori zapušteni i neobrađeni. Neotkrivene mine uzrokuju na hiljade ljudskih žrtava. Broj postavljenih mina i minskih polja u mnogim zemljama je nepoznat, uglavnom zbog nedostatka dokumentacije o miniranju. Na osnovu istraživanja *Genderena*, 1997. godine, pretpostavlja se da u Africi ima oko 20 miliona postavljenih mina, od čega samo u Angoli više od milion za koje se zna i oko 15 miliona za koje se pretpostavlja da postoje. I zemlje kao što su Avganistan, Bosna i Hercegovina, Zimbabve, Irak, Kambodža, Laos, Mozambik, Nikaragva, Hrvatska i Srbija ugrožene su minama i neeksplodiranim projektilima zaostalim iz rata. Mine su najčešće ukopane u zemlju i



Sl. 19 – Mine otkrivene vizuelno na aerosnimku [3]

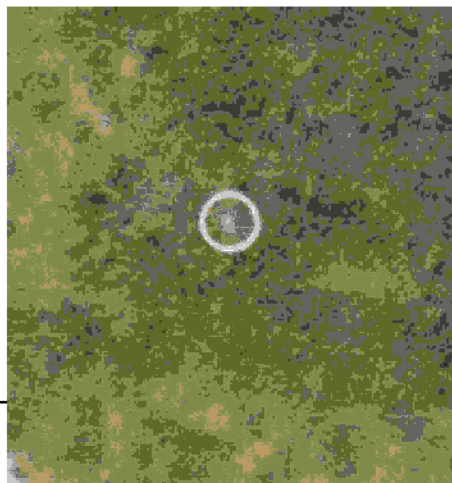
više godina sakrivene vegetacijom. Metodi daljinske detekcije predstavljaju mogućnost njihovog otkrivanja, ali je neophodna primena novih senzora i odgovarajućih metoda interpretacije snimaka.

Više specijalizovanih evropskih institucija izvršilo je u Belgiji pokazna istraživanja miniranih površina metodama daljinske detekcije. Testirani su različiti senzori sa različitih platformi za snimanje. Obrada snimaka i upoređivanje rezultata sa terenskim podacima dali su zadovoljavajuće rezultate, što je povoljno uticalo na organizovanje snimanja miniranih terena u Africi (Mozambiku). U okviru primene metoda daljinske detekcije u otkrivanju mina u periodu od kraja 1997. do kraja 1999. godine u Mozambiku je simultano korišćeno 6 različitih senzora (dva u vidljivom i bliskom IC, dva u termalnom IC i dva u mikrotalasnom području elektromagnetskog spektra).

Snimci u vidljivom delu spektra korišćeni su za vizuelnu interpretaciju i računarski podržanu analizu. Pri analizi su korišćene karakteristike tla i vegetacije.

Mesta sa ukopanim minama imaju drugačiju teksturu i vlažnost tla, što je uzrokovalo poremećaj strukture tla i time uočljivo razlikovanje od tla na kojem nema mina, što se može videti na slici 19.

Na uvećanom delu IC kolor aerosnimka dobro se uočava pozicija i veličina mine (slika 20). Ako je poznat koordinatni sistem moguće je i približno odrediti veličinu mine. Snimanja u termalnom IC delu spektra (8–14 μm) vršena su senzorom CA-860 IRSL. To je IC linijski skener koji postiže vrlo veliku rezoluciju od 0,25 miliradijana, pomoću kojeg se mogu otkriti objekti od 7 cm sa visine od 300 metara.



Sl. 20 – Uočavanje mesta i veličine mine na IC kolor snimku [3]

Senzor može otkriti objekte čija se temperatura razlikuje od temperature okolnih objekata i terena do $0,2^{\circ}\text{C}$. Pošto je temperatura mina od metala ili plastike različita od temperature okolnog zemljišta, mogu se uspešno identifikovati. Najuspešniji su rezultati snimanja obavljani po sunčanom danu 2–3 sata pre i posle izlaska Sunca, jer se mine, zbog male mase u odnosu na okolinu, ujutro brže zagrevaju Sunčevom energijom, a posle zalaska Sunca brže hlade od okoline.

Od mikrotalasnih senzora planirani su radari sa H-kanalom i visokom prostornom rezolucijom od 50 cm i R-kanalom, čiji zraci prodiru kroz tlo i vegetaciju do polovine talasne dužine, odnosno do približno 35 cm. Kako je većina mina ukopana na dubini od 10 cm, moguće je otkrivanje mina upotrebom ove vrste senzora. Optički senzori su, takođe, uspešno korišćeni pri ovim istraživanjima.

Pored sprovedenih snimanja, za analizu promena u vegetaciji, korišćeni su i različiti postojeći satelitski snimci. Terenska provera obavljena je na podlogama IC snimaka rezolucije 2 cm, koji su geokodirani u digitalne karte razmera 1:2000 do 1:5000, koje su kompatibilne sa standardnom GIS bazom podataka. Pri ovim istraživanjima korisnim su se pokazale i digitalne ortofoto karte krupnijeg razmera.

Zaključak

Mali je broj metoda, naučnih disciplina ili naučnih oblasti koje su imale tako brz i eksplozivni razvoj kao daljinska detekcija.

Na daljinskoj detekciji danas u svetu radi veliki broj stručnjaka različitih specijal-

nosti. Tehnologija snimanja, oprema, kompjuterski programi, postupci i područja primene neprekidno se usavršavaju i proširuju. Samim tim, obimna literatura brzo biva prevaziđena i zastarela. Principi i osnovne postavke, međutim, ostaju isti.

Savremena sredstva komunikacije, posebno internet, omogućavaju široku razmenu informacija o razvoju daljinske detekcije, ekspertima i institucijama koje se time bave, organizacijama koje obavljaju kosmička snimanja, kao i komercijalnu distribuciju snimaka.

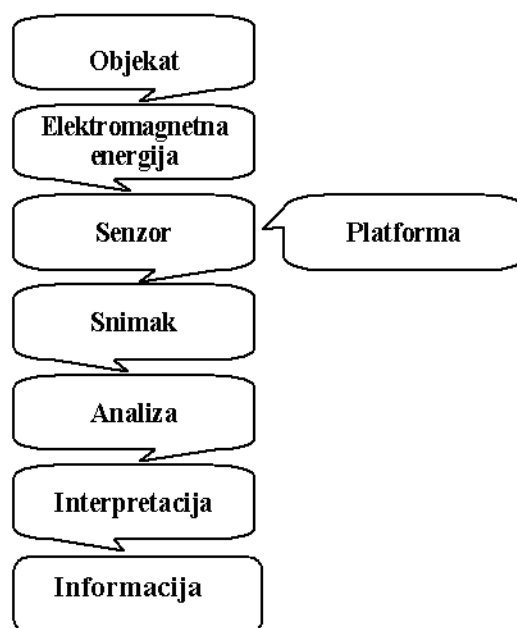
Daljinska detekcija postaje sve značajnija i nezaobilazna metoda prikupljanja informacija o prostoru za vojne potrebe. Sve vodeće satelitske misije i programi, pored praćenja i snimanja stanja najrazličitijih prirodnih i društvenih pojava, mogu uspešno da zadovolje sve zahtevnije zadatke u vojnoj delatnosti.

Iskustva iz istraživanja sprovedenih u Belgiji i Mozambiku, kao i neka kasnija, mogu biti pomoć i podstrek za primenu metoda daljinske detekcije pri otkrivanju mina i neeksploziviranih projektila na teritoriji Srbije i susednih zemalja, postavljenih za vreme ratnih dešavanja u poslednjoj deceniji prošlog veka. Pored toga, metodi daljinske detekcije mogu se primenjivati i za razne druge potrebe.

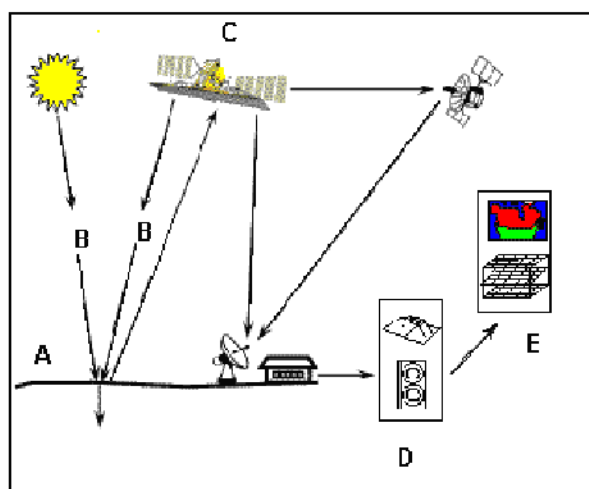
Literatura:

- [1] Canada centre for remote sensing: Fundamentals of Remote Sensing, Natural Resources Canada, 2002.
- [2] Karsten, J.: Orthoimages and DEMs by QuickBird and IKONOS, EARSeL Symposium Prague, 2002.
- [3] Oluić, M.: Snimanje i istraživanje Zemlje iz svemira, satelitski senzori–primjena, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 2001.
- [4] Pavlović, R., Čupković, T., Marković, M.: Daljinska detekcija, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2001.
- [5] Regodić, M.: Ažurirane radne karte daljinskom detekcijom terena, doktorska disertacija, Vojna akademija, Beograd, 2007.
- [6] <http://images.google.com/images>
- [7] <http://www.grf.bg.ac.yu/mm/files/learnmat/42Fotogrametrija%201%20%20Platforme%20Kamere%20i%20senzori.pdf>

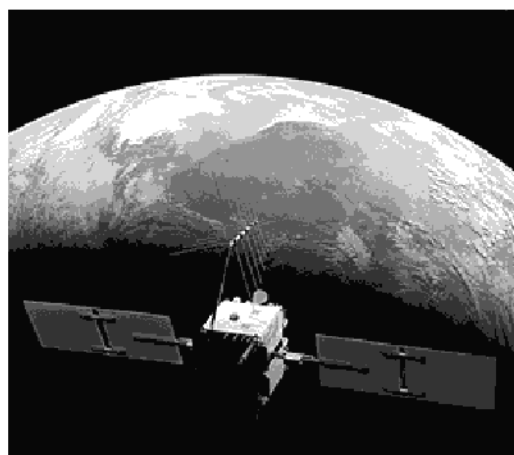
[8] <http://www.spaceimage.com>



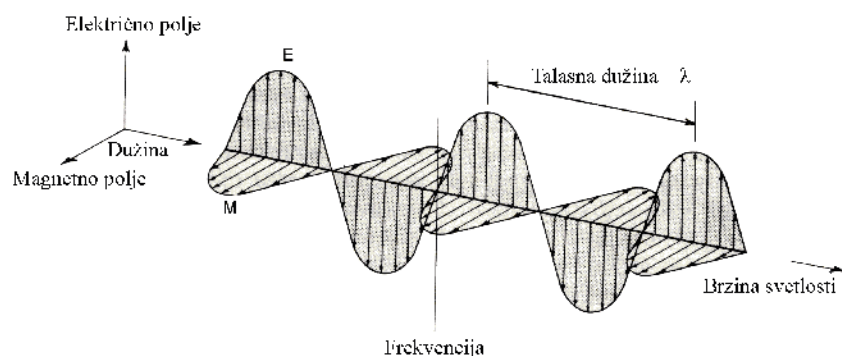
Sl. 1 – Princip daljinske detekcije [5]



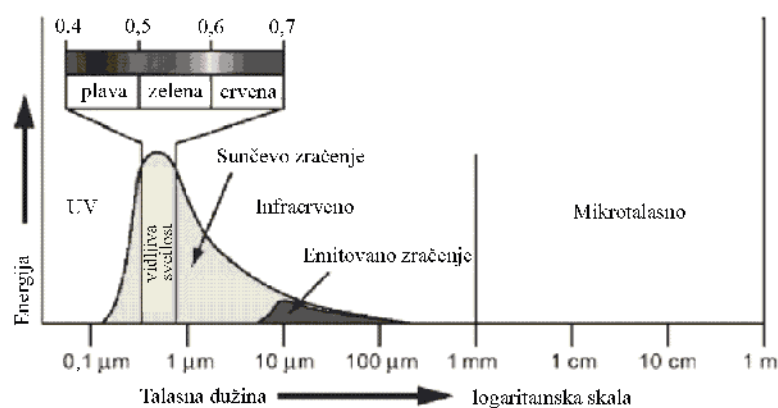
Sl. 2 – Osnovni elementi daljinske detekcije [2]



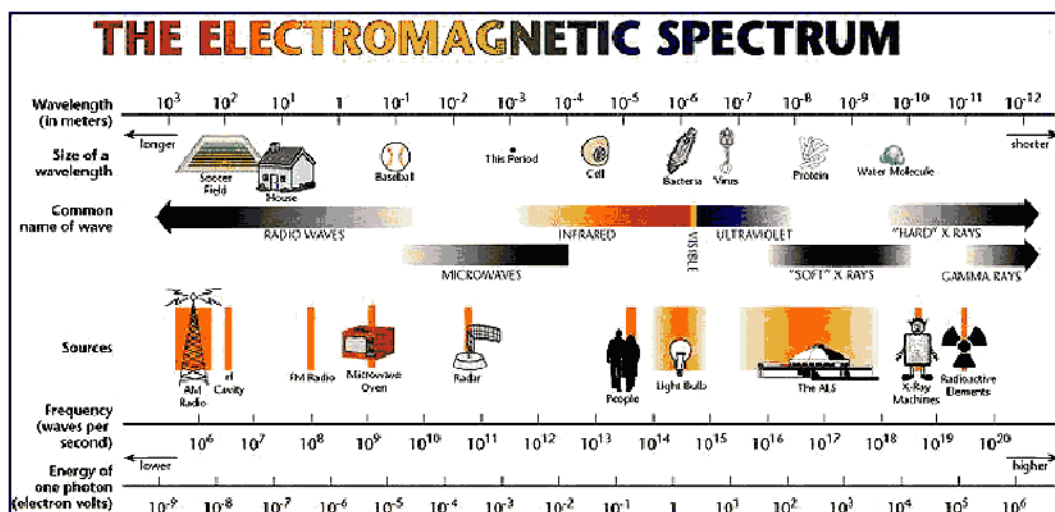
Sl. 3 – Predmet istraživanja daljinske detekcije [6]



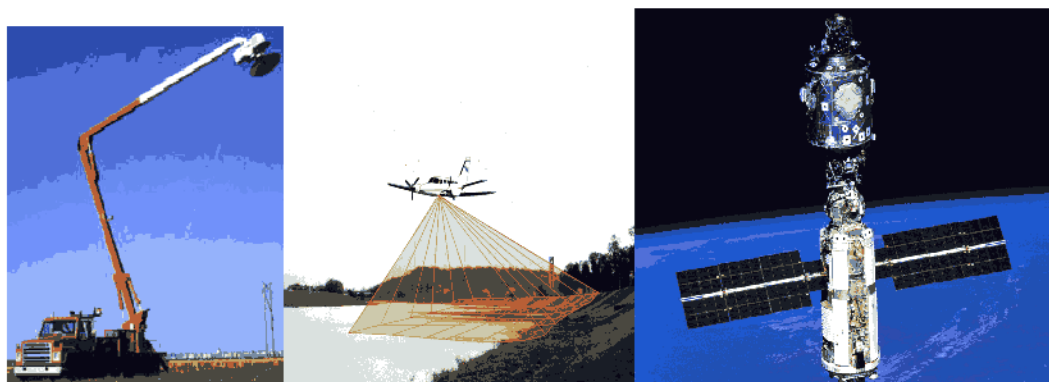
Sl. 4 – Komponente elektromagnetne energije [6]



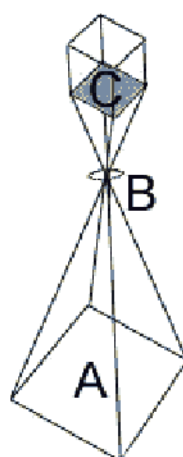
Sl. 5 – Spektar elektromagnetne energije u prirodi [4]



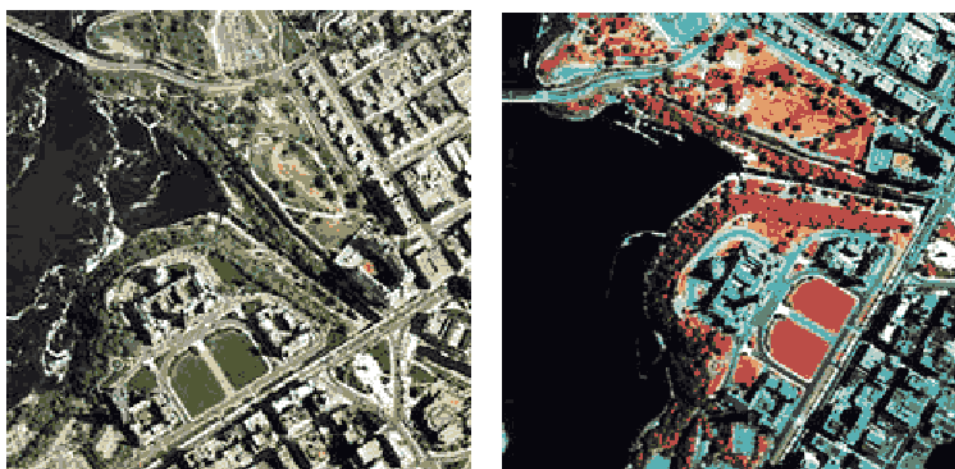
Sl. 6 – Međusobni odnos između veličina koje karakterišu EM spektar [7]



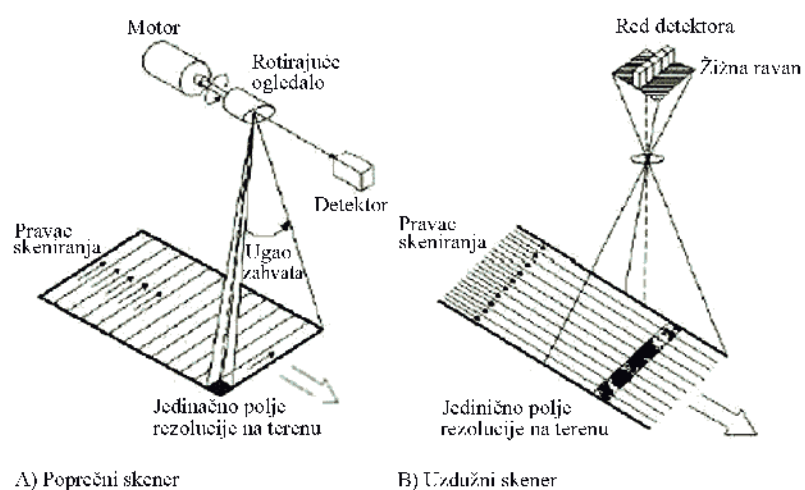
Sl. 7 – Terestričke platforme, aeroplatforme, kosmičke platforme [6]



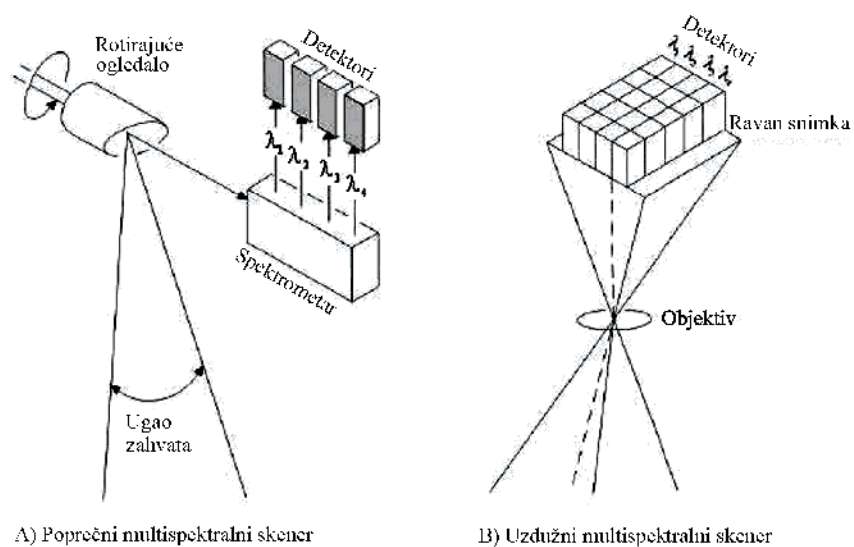
Sl. 8 – Koncept aerofotogrametrijskog snimanja [1]



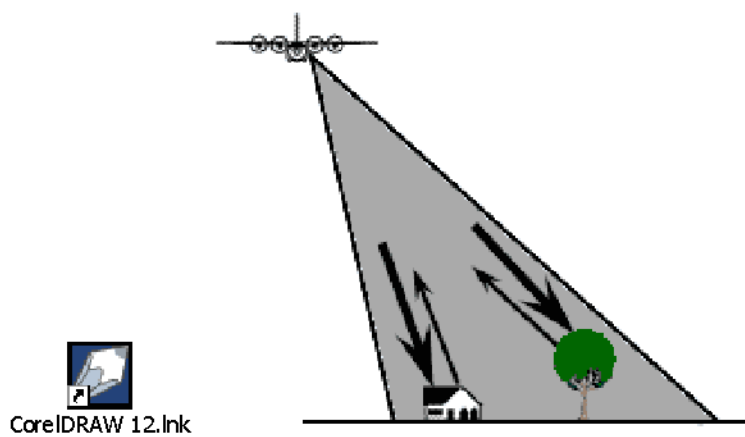
Sl. 9 – Kolor i falš-kolor snimak nastao skeniranjem aerofotografije [8]



Sl. 10 – Tipovi linijskih skenera [7]



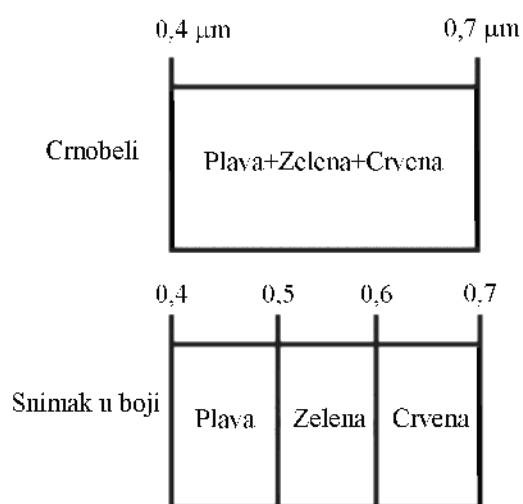
Sl. 11 – Multispektralni skeneri [7]



Sl. 12 – Radarsko snimanje terena [1]



Sl. 13 – Snimak loše rezolucije (IKONOS – 10 m) i snimak dobre rezolucije (IKONOS – 1m) [5]



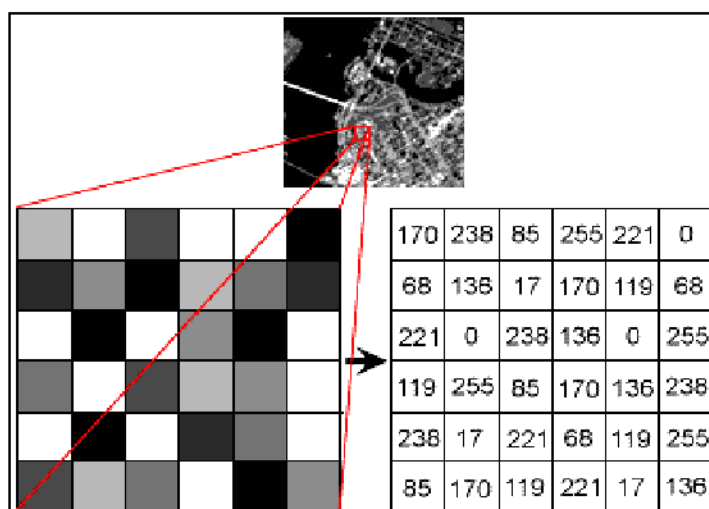
Sl. 14 – Spektralna rezolucija crnobelog i kolor snimka [4]



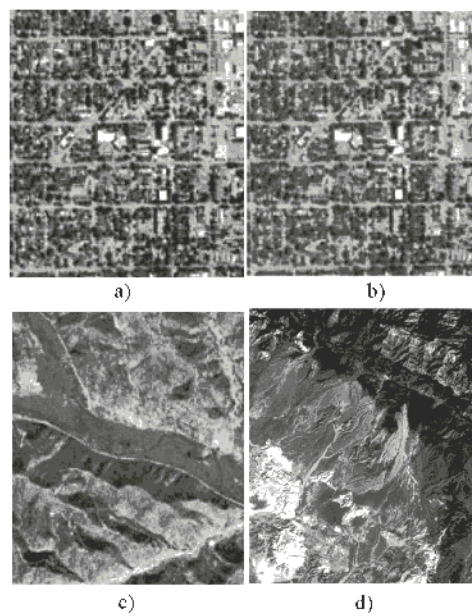
Sl. 15 – Satelitski snimci, kolor i crnobeli [5]



Sl. 16 – Zračenje EM spektra registrovano kao fotografija [1]

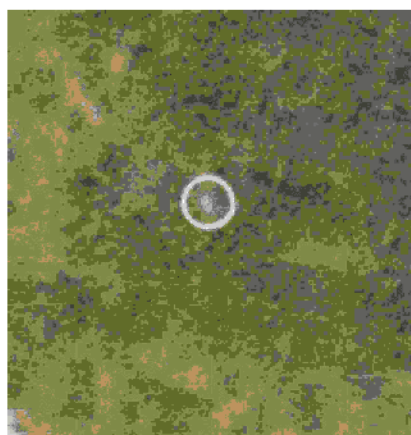


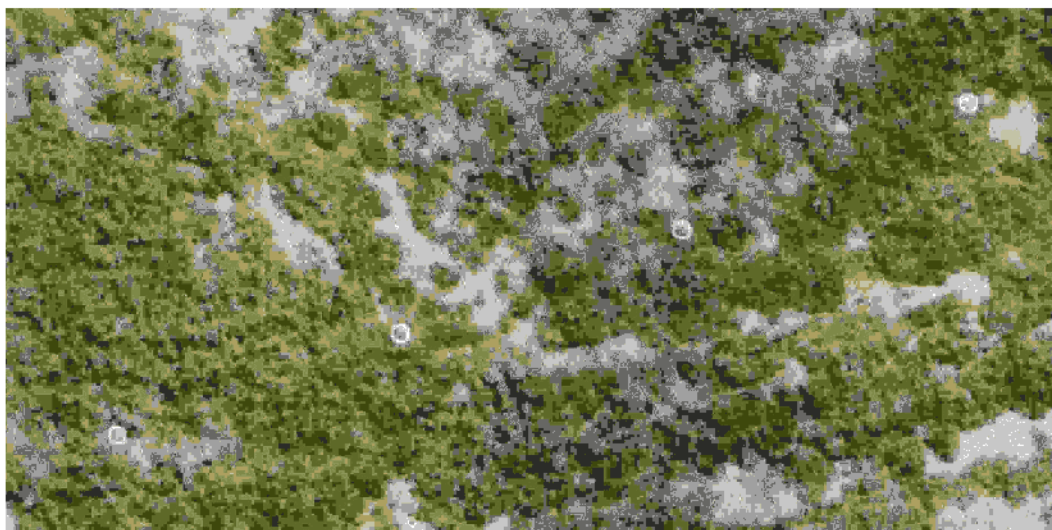
Sl. 17 – Digitalni snimak predstavljen pikselima i digitalnim brojevima [1]



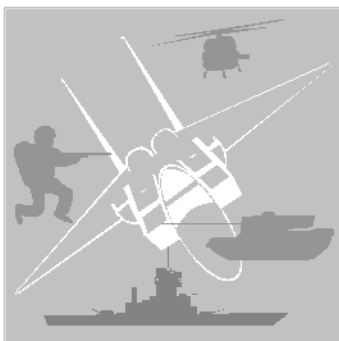
Sl. 18 – Vrste snimaka: a) crnobeli, b) kolor snimak, c) kolor kompozit, d) falš-kolor [8]

Sl. 19 – Mine otkrivene vizuelno na aerosnimku [3]





Sl. 20 – Uočavanje mesta i veličine mine na IC kolor snimku [3]



savremeno naoružanje i vojna oprema

NOVE VARIJANTE OKLOPNIH VOZILA UKRAJINE*

Ukrajina se usmerila na razvoj novih varijanti oklopnih borbenih vozila točkaša umesto tradicionalnih guseničnih verzija. Na izložbi IDEX 2007 prikazana su dva vozila: laki oklopni transporter 4×4 Dozor-B i teški amfibijski oklopni transporter 8×8 BTR-3E1. Oba vozila razvio je Projektni biro Morozov iz Harškova, a proizveo Zavod Mališev.

Postoje dve verzije vozila Dozor: visokoprophodno lako vozilo pod oznakom Dozor-A (nije pokazano na IDEX) i potpuno oklopljeno vozilo Dozor-B, čiji su prototipi završeni nedavno.

Neoklopljeni Dozor-A (VU-4101) ima prednji dizel pogon (do 145 kW), četvero vrata, potpuno zatvorenu kabinu za 5 osoba u srednjem delu i na zadnjem delu otvorenu platformu za terete do 2000 kg. Mitraljez 12,7 mm može da se ugradi na krovu kabine. U standardnu opremu ulazi satelitski navigacioni sistem, sistem za kondicioniranje vazduha i pribori za noćnu vožnju.

Dozor-B (V-1311) ima potpuno oklopljenu karoseriju koja obezbeđuje zaštitu posade od streljačke vatre i parčadi granata. Za frontalni deo vozila obezbeđena je zaštita i od pancirne municije 7,62 mm, ali se dodatnim oklopom mogu obezbediti i viši nivoi zaštite. Dozor-B ima tri člana posade i bez otvorene teretne platforme može da prevozi 8 vojnika sa opremom. Izloženo vozilo bilo je opremljeno mitraljezom 12,7 mm kojim može da se nišani i gađa iz unutrašnjosti kabine vozila. Mitraljez se pokreće kružno za 360° s elevacijom od -3° do +68°. Vozilo pokreće četvorocilindrični turbo dizel motor Deutz BF4M1013FC, snage 140 kW i zadovoljava EURO 3 standard. Transmisija Allison 1000 LCT je automatska, sa dvobrzinskim prenosnikom. Kao alternativa, može se ugraditi dizel motor Iveco snage 90 kW, u kompletu sa neautomatskom transmisijom i dvobrzinskim prenosnikom. Poboljšanu terensku pokretljivost obezbeđuje potpuno nezavisno oslanjanje sa dva teleskopska amortizera po točku.

U standardnu opremu spada sistem NHB zaštite, GPS, uređaj za grejanje i kondicioniranje vazduha, a u zajedničku opremu – električni čekrk, sistem za cen-

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, april 2007.

tralno regulisanje pritiska u gumama i specijalni uređaj za vuču na zadnjem delu.

Dozor-B predlaže se u varijantama za sanitetsko, izviđačko i komandno vozilo.



*Oklopno borbeno vozilo Dozor-B (gore)
i BTR-3E1 (dole)*

Na izložbi IDEX demonstrirano je i vozilo BTR-3E1 kao najnovija verzija vozila 8×8 BTR-3, koje je dobilo uspešne ponude za izvoz. Po opštem izgledu BTR-3E1 je veoma sličan ruskom BTR-80, ali sa novim pogonskim paketom i uzdignutim krovom radi povećanja unutrašnjeg prostora u vozilu. Eksponat na izložbi bio je opremljen borbenim modulom Šturm, naoružanim topom 30 mm ZTM, automatskim bacačem granata 40 mm, mitraljezom 7,62 mm i dvostrukim lanserom protivtenkovskih vođenih raketa Barrier, čiji je domet 5500 m. Poput BTR-80, BTR-3E1 je amfibijsko vozilo

sposobno da se kreće po vodi brzinom od 10 km/h, koristeći za to jedan mlaznik na zadnjem delu oklopnog tela.

Pored ova dva tipa, Ukrajina je razvila i druga borbeno vozila točkaše, uključujući i veći amfibijski oklopni transporter 8×8 BTR-4. Kao i prethodna vozila, i ovo vozilo je projektovao Biro Morozov iz Harkova. Ono je slično nemačkom oklopnom transporteru 6×6 Fuchs, kojeg godinama koristi nemačka vojska.

Konfiguracija BTR-4 ista je kao kod nemačkog vozila – vozač i komandir nalaze se napred sa pogonskim paketom neposredno iza njih, a preostali prostor slobodan je za smeštaj posade. Za vozača i komandira postoji prolaz do zadnjeg odeljenja za posadu. Broj vojnika koje prevozi BTR-4 zavisi od ugrađenog sistema oružja, ali obično iznosi do 8 vojnika. Brz ulazak i izlazak iz vozila obezbeđuju dvostruka vrata na zadnjem delu oklopa. Pogonski paket sadrži domaći dizel motor 3DT snage 368 kW u kompletu s transmisijom sa pet brzina napred i jednom nazad. To omogućava maksimalnu brzinu po putu 110 km/h i autonomiju hoda do 690 km. Borbena masa procenjena je na 22 200 kg s odnosom snaga/masa 16,6 kW, što omogućava savlađivanje uspona do 60° i bočnih nagiba do 40%.

BTR-4 je amfibijsko vozilo s dva mlaznika koji obezbeđuju brzinu na vodi do 10 km/h. Upravljanje vozilom olakšano je servouređajima na sva četiri prednja točka, a u standardnu opremu spada i centralno regulisanje pritiska u gumama.

Osnovna vozila BTR-4 mogu da se opreme širokim spektrom sistema oružja,

uključujući i domaći modul sa topom 30 mm, koaksijalnim mitraljezom 7,62 mm i do četiri protivtenkovske vođene rakete. Kada je naoružano tim sistemima, borbeni masa je oko 23 700 kg, posada je tročlana, a prevozi se još 6 vojnika sa potpunom opremom.

Trenutno je u razvoju više verzija ovog vozila, uključujući i komandna vozila sa povišenim zadnjim krovom radi povećanja unutrašnjeg prostora. U prototipskoj fazi razvoja nalazi se i vozilo za službe unutrašnjih poslova „Vepr“, na bazi šasije ruskog oklopnog vozila BRDM-2 (4×4).

M. K.

«««»»»

MODULARNO VIŠENAMENSKO VOZILO NIMR II 4×4*

Na međunarodnoj izložbi IDEX 2007 u Abu Dabiju, BJK (Bin Jabr Group) iz Ujedinjenih Arapskih Emirata po prvi put je prikazala svoje modularno, višenamensko, visokopokretno, taktičko vozilo Nimr II, 4×4.

Varijante ovog vozila su: sa platformom za PVO (Nimrad) 4×4, sa protivtenkovskom platformom (Nimrat) 4×4 i u konfiguraciji 6×6 kao oklopni transporter.

Vozilo Nimr II je razvijeno iz baznog vozila Nimr, koje je prvi put prikazano na izložbi IDEX 2005. Poboľšanja na Nimr II uključuju: potpunu kružnu balističku zaštitu prema standardu STANAG 4569 Nivo 3B6, protivminsku zaštitu za minu do 6 kg TNT, poboljšani motor od 257,6 kW, koristan teret do 2500 kg.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 28. februar 2007.

Izuzev pneumatika, motora i menjača, svi delovi platforme Nimr, uključujući upravljanje, šasiju i oklop, projektovao je i izradio BJK.



Vozilo Nimr II na izložbi IDEX 2007

Do sada je BJK prodao 500 vozila u osnovnoj varijanti oružanim snagama Ujedinjenih Arapskih Emirata. Međutim, značajno je da BJK, sa varijantom Nimrad/Nimrat, pokušava da se proširi na regionalno, a potencijalno i šire, međunarodno tržište. Na osnovu zajedničkog razvoja sa evropskim firmama MBDA i RDE, vozilo Nimrad/Nimrat projektovano je da zadovolji novonastale zahteve Srednjeg Istoka za oružnim sistemom visoke pokretljivosti, prilagođenim za razne zadatke, posebno za PVO, protivoklopne i protivbunkerske operacije.

U konfiguraciji za PVO, Nimr II je opremljen višenamenskim borbenim sistemom MBDA/RDE, koji se sastoji od obrtno kupole montirane na krovu, u koju je smešten stabilizovani elektronskooptički nišanski sistem firme RDE sa inte-

grisanim laserskim daljinomerom. Sa obe strane kupole montirane su po dve rakete PVO MBDA Mistral 2, a unutar vozila smeštene su još četiri dodatne rakete Mistral 2. Ovaj višenamenski borbeni sistem PVO prvi put je prikazan na vozilu Panhard VBR 4×4, na izložbi Eurosatory 2006 u Parizu.

Za potrebe protivoklopne borbe, umesto sistema PVO, ugrađuju se četiri protivtenkovske vođene rakete Milan/Milan ER. Ovaj postupak realizuje se za 12 časova. Obe varijante mogu da se opreme mitraljezom 12,7 mm.

BJG je razvio i oklopni transporter 6×6 Nimr II, kojim se udovoljilo zahtevima iračke armije za robustnim vozilom sa minskom i balističkom zaštitom, koje je prilagođeno za brz razvoj u urbanim operacijama. Na izložbi IDEX ovo vozilo je prikazano sa krovnom kupolom sa bacačem granata 30 mm i trostrukim bacačem dimnih granata sa svake strane prednje kabine. Po potrebi, vozilo se može opremiti daljinski upravljanom oružnom stanicom ili prilagoditi za oklopljena sanitetska ili komandna vozila.

Nimr II proizvodi se u fabrici Al Khaliya u Jordanu.

M. K.

<<<<>>>>

IZVIĐAČKO VOZILLO FERRET – STALLION*

Novo vozilo za izviđačke i bezbednosne potrebe prikazao je jordanski projektni i razvojni biro Kralj Abdulah II

(KADDB) na izložbi vojne opreme IDEX 2007.

Koncept ovog vozila, probno nazvan Stallion, izrastao je iz programa izviđačkog vozila Ferret 4×4, koje je prvobitno proizvodila bivša kompanija Alvis, a danas kompanija KADDB. Kompanija je ranije sklopila ugovor s jordanskim oružanim snagama, koje žele da rekonstruišu 50 standardnih benzinskih vozila ugradnjom četvorocilindričnih dizel motora Iveco od 108 kW. Isporuka tih vozila očekuje se u septembru 2007. godine.

Stallion ima novougrađeni dizel motor i transmisiju i originalne točkove, ali je čelična konstrukcija zamenjena novom oklopnom kabinom koja omogućava posadi (od 2 do 4 člana) znatno bolju vidljivost i procenu situacije. Kabina obezbeđuje balističku zaštitu do nivoa B6+ (protiv standardnih NATO i ruskih zrna 7,62 mm i municije 5,56 mm SS109).



Stallion – koncept izviđačkog vozila Ferret

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, april 2007.

Vozilo Ferret imalo je kupolski mitraljez 7,62 mm, dok Stallion ima pojačani mitraljez 12,7 mm na topovskom postolju. Prema izjavama iz KADDB, ovaj mitraljez može da se zameni ekvivalentnom oružnom stanicom, ukoliko to kupac želi.

M. K.

<<<◇>>>

NOVO LAKO TAKTIČKO VOZILO JLTV*

Američka vojska se priprema za nabavku novog lakog taktičkog vozila JLTV (Joint Light Tactical Vehicle), koje bi nasledilo vozila opšte namene 4×4 Humvee i koje bi imalo osnovnu oklopnu zaštitu, integrisane komunikacijske sisteme i poboljšanu pokretljivost. U pitanju je projektna izrada nove generacije lakih vozila, a u prvoj fazi bi se najverovatnije nabavilo najmanje 40 000 vozila JLTV. Prema dogovoru s predstavnicima industrije, vojska planira familiju ovih vozila s različitim nosivostima. Vozilo „Increment 1“ (proizvod 1) imaće korisnu nosivost 1587 kg (3500 lb) i moći će da se prevozi helikopterima CH-47 Chinook ili CH-53. Veće verzije vozila prenosice se transportnim helikopterima ili transportovati avionima C-130 Herkules.

Vozilo JLTV će, kako se očekuje, obezbediti bolju zaštitu oružanih snaga SAD. Armija i Marinski korpus su primorani, kao privremenu meru za svoje jedinice u Iraku, da troše ogromna sredstva za nabavku vozila otpornih na mine od brojnih ponuđača. Zato su sada usme-

rili napore na ubrzanje razvoja i proizvodnje vozila JLTV. Prema nedavnom dogovoru s industrijom, vojska bi trebalo da prve isporuke ovih vozila dobije početkom fiskalne 2010. godine. Kao deo napora za ubrzanje razvoja, armija već eksperimentiše sa nekoliko prototipa. Tri kompanije dostavile su eksperimentalne oklopne karoserije, uključujući i one za vozila široke namene i manevarski poboljšane prototipe.



Izgled novog vozila JLTV

Predstavnik kompanije Lockheed Martin tvrdi da je kod njih u fazi procene sistem budućih taktičkih vozila koji bi mogao pomoći u oblikovanju koncepta JLTV. Ta vozila imaju donji oklop oblika V, ispod odeljenja za putnike „eksplozivnu prazninu“ i paket balističke zaštite. Visina vozila može da se podesi u zavisnosti od uslova na putu, a vozač na instrument-tabli automatski menja sistem oslanjanja. Uz to, Lockheed Martinov demonstrator ima mogućnost centralnog umrežavanja, s dovoljno raspoložive sopstvene energije za smeštaj radio i komunikacijskih sistema. Modularna izrada i ugrađena dijagnostika su pretpostavke za poboljšano održavanje. Vozilo ima mo-

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 18. april 2007.

gućnosti ugradnje daljinski upravljane oružne stanice sa različitim naoružanjem.

Uz kompaniju Lokid Martin u program JLTV uključene su i kompanije Armor Holdings, AM General i General Dynamics Land Systems.

M. K.

<<<◇>>>

AUTONOMNO VOZILO AVANTGUARD*

Izraelske kompanije Elbit Systems i Izrael Aerospace Industries (IAI) udružile su snage za razvoj sledeće generacije autonomnih (bez posade) zemaljskih vozila, koja bi bila bolje i jeftinije rešenje namenjeno tržištu. Zajednički štab treba da se koncentriše na razvoj 12-člane familije zemaljskih vozila bez posade, na bazi postojećih Elbitovih autonomnih vozila AvantGuard i zaštitnih vozila Gardium, kompanije IAI.



Autonomno vozilo AvantGuard kompanije Elbit

Treća generacija autonomnih zemaljskih vozila, poznata kao vozila

AvantGardium, imaće integrisanu navigacionu tehnologiju IAI i sistem upravljanja Elbit. Novim sistemom, kao i sa dva originalna modela, može da upravlja vozač ili daljinski sa glavnog upravljačkog centra. Sistem ima i autonomni režim, koji omogućava operatoru da programira maršrutu patroliranja za vozilo i omogući vozilu da otkrije i reaguje na prepreke. Vozilo će moći da obezbedi zaštitu prednjeg kraja odbrane i konvoja, da izvršava osmatračke i izviđačke zadatke, ofanzivne akcije (sa daljinski upravljanim sistemom oružja), logističku podršku, komunikacijske veze i mogućnosti razmeštanja eksplozivnih sredstava.

U zavisnosti od korisnog tereta, novi sistem imaće masu od 1 do 5 t, a do met na „stotine“ kilometara. Očekuje se da najveća brzina bude kao i kod prethodnih vozila 80 km/h, operativna korisna nosivost do 300 kg, uključujući balističku zaštitu vozila.

M. K.

<<<◇>>>

NOVA SREDNJEZAŠTIĆENA PATROLNA VOZILA*

Britanska armija ima zahteve za 180 novih srednjezaštićenih patrolnih vozila MPPV (Medium Protected Patrol Vehicle), kako bi premostila prazninu između nedavno uvedenih teškozaštićenih vozila 6×6 Mastiff i lakozaštićenih patrolnih vozila 6×6 Pinzgauer Vector. Od novog formiranog projektnog tima zahteva se da se programom MPPV obezbede vozila

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 18. april 2007.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 2. maj 2007.

za upotrebu početkom 2009. godine, korišćenjem postojećih rezervi vozila modificovanih prema zahtevima korisnika.

Projektovani točkaš MPPV imaće borbenu masu od 14 t i posadu od 7 vojnika, a zbog sve većeg porasta opasnosti zahteva se da ima visok nivo zaštite, uključujući balističku, protivminsku i zaštitu od fragmenata i eksploziva. Uz to, budući da će se koristiti i van dobrih puteva, zahteva se i visoka terenska prohodnost. Potencijalni dobavljači trebalo bi da izlože svoja vozila u junu radi prve selekcije, posle čega će se uraditi dokument s korisničkim zahtevima i omogućiti dodatno informisanje o zahtevima za konačnu izradu vozila MPPV. Kako u Velikoj Britaniji nema trenutno odgovarajućeg vozila, brojna inostrana vozila mogla bi da konkurišu za izbor. Izabrano vozilo specifikiraće se u skladu sa zahtevima britanske armije i opremiti specijalnom opremom, uključujući digitalnu komunikacijsku opremu General Dynamics UK Bowman, specijalni oklop, naoružanje i elektronske uređaje. Elektronski uređaji koristiće se protiv improvizovanih elektronskih naprava, koje postaju sve veća opasnost za vojna vozila, posebno u Iraku.



*Zaštićena patrolna vozila Mastiff (levo)
i Vector (desno)*

Nedavno je Velika Britanija poručila 108 vozila Mastiff i 160 vozila Vector, kako bi udovoljila urgentnim operativnim zahtevima za zaštićena patrolna vozila. Oba vozila sada su u proizvodnji, a njihova isporuka se očekuje do kraja 2007. godine.

M. K.

<<<◇>>>

NOVI OKLOP ZA LAKA VOZILA*

Izraelska vojna industrija (IMI) razvila je novo rešenje za oklop lakih vozila, koji će štititi od eksplozivnih projektila EFP (explosively formed projectiles).

Prikazan na skupu AUSA 2007, novi oklop – nazvan Steel Wall (čelični zid) – predstavljen je kao sredstvo koje je razvijeno da se suprotstavi svim improvizovanim eksplozivnim napravama.

Neki eksplozivni projektili imaju usmerivač u kumulativnom levku (lajner), koji se transformiše u projektilsko kompaktno metalno telo sposobno da probije oklop na udaljenim rastojanjima. Projektil može lako da probije zaštitu lakih i srednjih oklopnih vozila, stvarajući širok sprej polurastopljenog metala, koji prodire u unutrašnjost vozila, povređuje posadu i oštećuje sisteme vozila.

Novi razvoj doveo je do širokog uvođenja municije EFP u improvizovane eksplozivne naprave koje koriste snage otpora koalicionim snagama i lokalnim snagama bezbednosti u Iraku. Pre 18 meseci u Izraelu je odlučeno da

*Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 14. mart 2007.

se nađe rešenje za takve opasnosti, što do sada nije postojalo. Predloženi oklop sastoji se od specijalnih kompozitnih materijala, koji treba da daju maksimalnu zaštitu uz minimalnu masu. IMI će ponuditi ovaj oklop kao gotovu opremu za laka oklopna borbena vozila, oklopne transportere i vozila za podršku. Prema dostupnim podacima, Steel Wall je razvijen, testiran i isproban da izdrži udar projektila EFP i spreči njegovo prodiranje u vozilo, kao i da spreči prodiranje parčadi od IEN i zrna lakog naoružanja. Izraelska vojna industrija razvija i oklop koji bi obezbedio zaštitu od raketa.

M. K.

<<<◇>>>

MODULARNI KOMPLET MAPIK ZA OKLOPNU ZAŠTITU VOZILA *

MAPIK (Modular Armour Protection Installation Kit) je laki, prenosni, kompozitni oklopni sistem, razvijen kao odgovor na brz porast zahteva za diskretnu zaštitu limuzina i vozila konfiguracije 4×4. Obezbeđuje putnicima zonsku balističku zaštitu i zaštitu od fragmenata improvizovanih eksplozivnih naprava.

Britanska kompanija Jankel Group po prvi put je prikazala komplet MAPIK na izložbi IDEX 2007, na patrolnom vozilu Al-Thalab (lisica) 4×4.

Komplet sadrži velik broj odvojenih modularnih elemenata, koji se mogu brzo preneti s vozila na vozilo, a razvijen je u saradnji sa korisnicima kao univerzalno

oklopno rešenje za vojna taktička vozila. Danas se ovim sistemom opremaju land roveri britanske vojske koja se nalazi u Avganistanu.

Patrolna vozila za velika rastojanja Al-Thalab, koja su izrađena na bazi šasije Tojota 79, projektovale je kompanija Jankel, a izrađena su u Jordanu.

Maksimalna korisna nosivost vozila iznosi 1700 kg, uključujući posadu i borbenu komplet, a lako može da prihvati ugradnju kompleta MAPIK, čija je masa 140 kg.

Šasija vozila Tojota 79, 4×4, prilagođena je za tropske uslove, koristi 6-cilindarski motor s turbopunjačem i petobrzinski manuelni menjač. Povećana zapremina rezervoara i mogućnost da nosi dodatnih šest 20-litarskih kanti za gorivo omogućavaju mu operativni radijus kretanja do 1500 km bez popune gorivom.

Vozilo Al-Thalab u upotrebi je u oružanim snagama Jordana i Mauritanije.

M. K.

<<<◇>>>

VIŠENAMENSKI RADAR EL/M-2084*

Izraelska kompanija Elita Systems obelodanila je novi višenamenski artiljerijski i PVO radar EL/M-2084. To je aktivni skenirajući fazni radar koji se oslanja na istu tehnologiju, mada sa različitom frekvencijom, kao raniji radar EL/M-2080 Green Pine koji se koristi u izraelskom sistemu za protivbalističke rakete.

Projektovan da bude deo „višestrukog rešenja“ EL/M-2084 je prenosni ra-

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 28. februar 2007.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 27. jun 2007.

darski sistem srednjeg/velikog dometa, visoke tačnosti, koji može da otkrije grupu ciljeva s niskim radarskim odrazom, uključujući bespilotne letelice, rakete, artiljerijske granate i pilotirane jedrilice, čak i uz prisutnost zemaljske buke i elektromagnetnog ometanja.

Za balističke ciljeve radar brzo otkriva i utvrđuje tačnu lokaciju suparničkog oružja i izračunava odgovarajuće udarne tačke. Radar je projektovan i za podršku oružnih sistema raketa-antiraketa za presretanje opasnosti od vatrenih sredstava tipa Kačuša.

Operativni režim radara biće sličan režimu radara Green Pine. Zadaci su mu otkrivanje i praćenje nadolazećih opasnosti radi preduzimanja odgovarajućih mera za njihovo uništenje. Radar će biti deo protivraketnog sistema „Iron Dome“, koji se razvija na osnovu iskustva stečenog u Libanskom ratu jula-avgusta 2006. godine, i predstavlja sistem za kinetičko presretanje pretnji koje se nalaze na udaljenosti od 2 do 40 km. Njihov potpuni razvoj u Izraelu očekuje se u periodu od 30 meseci.

Zadati domet otkrivanja za artiljeriju iznosi preko 100 km, a za avione i rakete preko 350 km. U jednom minutu može da prati preko 200 ciljeva za artiljerijske granate, sa proračunskom verovatnom kružnom greškom od 125 m za dolazeća zrna na udaljenosti 50 km. Količina praćenih ciljeva za avione i rakete je do 1200 ciljeva. Zadati prostorni ugao pokrivanja po azimutu je 120° u sektorskom režimu i 360° u rotacionom režimu, a elevacija $\pm 40^\circ$. Prema zvaničnicima kompanije radar EL/M-2084 je skeni-

rajući i može da se podešava prema zahtevima kupca.

Iako radar može da bude samostalan, on je projektovan tako da može da se poveže sa dodatnim višenamenskim radarima radi proširenja prostora pokrivanja i dometa osmatranja i praćenja.

M. K.



VIŠESTRUKI LANSIRNI RAKETNI SISTEM LYNX*

Izraelska vojna industrija (IMI – odeljak za raketne sisteme) razvila je novi modularni autonomni raketni lansirni sistem Lynx, sposoban da lansira više raketnih varijanti na različite udaljenosti od platforme. Do sada su, prema rečima zvaničnika kompanije, raketne lansirne mogućnosti zahtevale široku disperziju i obezbeđivale niži nivo preciznosti.

Više municijskih opcija omogućava smanjenje razmeštaja artiljerijskih sredstava, a inercioni navigacioni sistem (INS) pomaže preciznom taktičkom razvoju i minimizira rizik od kontrabaterijske vatre.

Lansirni sistem Lynx, adaptiran za visokopokretna vozila konfiguracije 8×8, može da lansira bilo koji lansirni raketni sistem kalibra 122 mm do 300 mm.

Transportovani u hermetičkim lansirnim pakovanjima u ovom sistemu se koriste:

- kontejner sa 20 projektila ruskih raketa 122 mm tipa Grad 9M22/9M22U (domet 20 km),

*Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 27. jun 2007.

– kontejner sa 13 izraelskih nevođenih artiljerijskih raketa 160 mm Accul AR-160 (domet 45 km),

– kontejner sa 12 nevođenih/vođenih raketa 220 mm (domet preko 45 km), i

– novorazvijeni izraelski kontejner sa četiri artiljerijske rakete 200 mm EX-TRA (domet 120–150 km) kojima je izvedeno prvo probno lansiranje 1. maja 2007. godine.

Na sistem Lynx smeštaju se dva ista ili kombinacija od dva kontejnera bilo kojih od navedenih kalibara. Alternativno, on može da podrži do dva kontejnera krstarećih raketa zemlja-zemlja Delilah-GL (sa zadanim dometom od 250 km) ili kombinaciju istih s nekim drugim kontejnerom. Potpuna zamena kontejnera može da se obavi za manje od 10 minuta.

Lynx ima potpuno autonomni balistički proračun, mogućnost identifikacije/selekcije, sa opcijom za daljinsko otvaranje vatre. Na njemu je ugrađen El-bitov sistem za komandovanje, upravljanje, proračune, vezu i obaveštavanje, koji omogućava potpuno samostalan rad sistema ili rad kao integralni element u većim artiljerijskim formacijama.

Kompanija IMI nastoji da u Lynx ugradi sistem za korekciju trajektorije TCS (Trajectory Correction System), razvijen u kooperaciji sa kompanijom El-bit, koji je prvi put bio u operativnoj upotrebi izraelske artiljerije za vreme Drugog libanskog rata 2006. godine protiv ciljeva Hezbolaha. U odnosu na standardnu artiljeriju, rakete TCS imaju znatno manju verovatnoću kružne greške – do 10 m.

Sistem može da uništava nekoliko ciljeva istovremeno, povećavajući tako mogućnosti uništenja, uz istovremeno smanjenje broja raketa potrebnih za uništenje jednog cilja.

Posle lansiranja zemaljska upravljačka jedinica uspostavlja datalink sa raketom i proračunava trenutnu trajektoriju i potrebne korekcije za dostizanje cilja. Faza korekcije kursa izvršava se kada raketa prikupi podatke o uslovima koji štetno utiču na njen kurs. U tom procesu korekcija se obavlja u zatvorenoj petlji, kada zemaljska kontrola komanduje upravljanjem rakete radi korekcije njene trajektorije.

M. K.

<<<◇>>>

LITVANSKI RAKETNI SISTEM ZA MALE VISINE*

Litvanske kopnene snage pokazale su svoj novi raketni sistem za male visine zemlja-vazduh, izrađen na bazi rakete Stinger.

Ukupna vrednost ugovora za ovaj sistem čiji je razvoj započeo 2003. godine, bila je 34 miliona dolara. Isporuka je započela sredinom 2007. godine radi ugradnje na mobilna vozila sa platformom za dvostruki raketni lanser, koja je za Litvaniju projektovala, integrisala i delimično proizvela američka mornarička firma NSWC Crane Division. Za ove potrebe kompanija Raytheon isporučila je 8 lansera, 60 raketa Stinger RMP/Block T International (uključujući 54 borbeno spremna zrna), dva osmatrač-

*Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 14. novembar 2007.

ka radara Raytheon Thales AN/MPQ-64, dva mobilna taktička operativna centra, kao i rezervne delove.

Međutim, prema informaciji iz američkog ministarstva za inostrane poslove, deo za vojno finansiranje Li-

tvanije za fiskalnu 2007. godinu od 4 miliona dolara koristio se za ulaganje u razvoj osmatračkog radara za dvostruki prenosni raketni sistem PVO Stinger.

M. K.

<<<◇>>>

Uputstvo saradnicima

„Vojnotehnički glasnik“ je stručni i naučni časopis Ministarstva odbrane Republike Srbije, koji objavljuje: originalne naučne radove, prethodna saopštenja, pregledne radove i stručne radove, prikaze naučno-stručnih skupova kao i tehničke informacije o savremenim sistemima naoružanja i savremenim vojnim tehnologijama.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata jedinstvenu intervidovsku tehničku podršku Vojske na principu logističke systemske podrške, oblasti osnovnih, primenjenih i razvojnih istraživanja, kao i proizvodnju i upotrebu sredstava NVO, i ostala teorijska i praktična dostignuća koja doprinose usavršavanju pripadnika Ministarstva odbrane i Vojske Republike Srbije.

Članak se dostavlja Redakciji na disketi ili CD-u (Times New Roman, srpska latinica, 12 pt, prored 1,5) i odštampan u dva primerka, a treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru.

U propratnom pismu treba istaći o kojoj vrsti članka se radi, koji su grafički prilozima originalni, a koji pozajmljeni.

Članak treba da sadrži rezime (u najviše osam do deset redova), sa ključnim rečima na srpskom i engleskom jeziku, uvod, razradu i zaključak. Obim članka treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica A4 sa dvostrukim proredom). Tekst mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u Međunarodnom sistemu memih jedinica – SI. Redosled obrazača (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Crteže treba raditi u pogodnoj računarskoj grafici. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane.

Spisak grafičkih priloga treba da sadrži naziv slike – crteža i nazive pozicija.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja. Opširan pregled literature neće se prihvatiti.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, zvanje, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro račun banke, SO mesta stanovanja i JMB građana.

Rukopise slati na adresu: Redakcija časopisa „Vojnotehnički glasnik“, 11002 Beograd, Balkanska 53, VE-1.

REDAKCIJA

Tehničko uređenje
Zvezda Jovanović

Lektor
Dobriša Miletić, profesor

Korice
Milojko Milinković

Korektor
Bojana Uzelac

Cena: 432,00 dinara
Tiraž 700 primeraka

Na osnovu mišljenja Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije, broj 413-00-1201/2001-01 od 12. 09. 2001. godine, časopis „Vojno-tehnički glasnik“ je publikacija od posebnog interesa za nauku.

UDC: Centar za vojnonaučnu dokumentaciju i informacije (CVNDI)