Dr Vasilije Mišković,
potpukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

KVANTITATIVNI POKAZATELJI FUNKCIONISANJA SISTEMA SNABDEVANJA MUNICIJOM ARTILJERIJE ZA PODRŠKU

UDC: 623.41.001.572

Rezime:

Postupak za određivanje karakteristika sistema snabdevanja predstavlja kombinaciju primene analitičkih i simulacionih modela.

Karakteristike sistema snabdevanja određuju se obradom podataka dobijenih eksperimentima na razvijenom modelu. Simulacija na modelu zahteva definisanje „scenarija” po kome se odvijaju borbena dejstva. Namena dobijenih karakteristika jeste da se pogodnom obradom dobiju zahtevi prema kojim je moguće dimenzionisati resurse u sistemu snabdevanja.

Ključne reči: artiljerija za podršku, artiljerijska municija, sistem snabdevanja, model, simulacija.

QUANTITY INDICATORS OF AMMUNITION SUPPLY SYSTEM FUNCTIONING IN SUPPORTING ARTILLERY

Summary:

The procedure for determining the characteristics of an ammunition supply system combines the application of analytic and simulation models. The supply system characteristics are determined using processed data obtained by experiments on a developed model. Model simulation demands the definition of a »screenplay« for combat action development. The aim of the obtained characteristics is to get requirements which should serve as a base for determining the dimensions of resources in the supply system.

Key words: supporting artillery, artillery ammunition, supply system, model, simulation.

Uvod

Sistem snabdevanja u oružanim snagama treba da zadovolji materijalne potrebe jedinica i ustanova. Snabdevanje jedinica i ustanova materijalnim sredstvima obuhvata više procesa kao što su:

- obezbeđenje potrebne količine materijalnih sredstava,
- čuvanje materijalnih sredstava,
- dotur materijalnih sredstava do neposrednog potrošača.

Tehničko snabdevanje obuhvata snabdevanje tehničkim materijalnim sredstvima, pogonskim sredstvima, osnovnim sredstvima, municijom, minsko-eksplozivnim sredstvima, raketa-ma, rezervnim delovima i potrošnim materijalom.

Sistem snabdevanja municijom mora imati organizaciju koja će omogućiti ostvarivanje postavljenog cilja. Ovaj vid snabdevanja može se posmatrati kao sistem, jer ima elemente organizovane u određenu strukturu u kojoj se odvija niz procesa.

Utvrdjivanje mogućnosti i karakteristika funkcionisanja postavljenog sistema bez sprovođenja eksperimenata na samom sistemu uvek je problematično. Poseban problem predstavljaju sistemi koji funkcionišu u uslovima izrazite neizvesnosti i neodređenosti. Ako je moguće, nakon razvoja sistema, njegovu proveru treba izvršiti pre uvođenja u funkciju. Tada se utvrđuju i karakteristike njegovog funkcionisanja i otklanjaju nedostaci. Međutim, ako postoji zahtev da razvijeni sistem bez prave provere bude uveden u funkciju i da mora da funkcioniše na zahtevani način, nužno je pribеći razvoju modela na kojem se proverava funkcionisanje sistema i određuju karakteristike i pokazatelji njegovog funkcionisanja.

Sistem snabdevanja municijom funkcioniše u uslovima neodređenosti i neizvesnosti. Razvoj i uspostavljanje ovog sistema vrši se u miru kako bi funkcionisao u ratu. Znači da prave provere sistema pre njegovog uvođenja u funkciju nema. Da bi se, ipak, utvrdile karakteristike njegovog funkcionisanja pribegava se modelovanju. Modeli koji se razvijaju različitog su tipa, od fizičkih modela (na različitim vežbama) do modela za simulaciju na računarima.

Metodologija rešavanja ovog problema u stranim oružanim snagama, posebno ona koja se trenutno primenjuje, malo je poznata, ali se znaju krajnji rezultati istraživanja. Međutim, često se i ti rezultati moraju prihvatiti sa određenom rezervom. Razvoj metodologija determinisan je doktrinarnim opredeljenjima, uslovima i načinima izvođenja borbenih dejstava, veličinom i namenom oružanih snaga, tako da se ne može očekivati da bi razvijena metodologija u nekim stranim oružanim snagama mogla biti u potpunosti primenjena i u našim uslovima.

U ovom radu prikazan je postupak za određivanje karakteristika funkcionisanja sistema snabdevanja municijom artiljerije za podršku.

Opis sistema snabdevanja municijom artiljerije za podršku

Elementi sistema snabdevanja municijom jesu organizacione celine, koje se po svojim karakteristikama izdvajaju u ukupnoj strukturi sistema snabdevanja. Osnovni elementi sistema snabdevanja su upravni organi, izvršni organi i rezerve i zalihe municije.

Upravni organi sistema snabdevanja municijom integrisani su u upravni organ sistema tehničkog snabdevanja i istovremeno u upravni organ sistema tehničkog obezbeđenja. Razvijeni su u organizacionoj strukturi pozadine u sastavu komandi. Osnovna namena i zadatak upravnih organa jeste sagledavanje potrebe jedinica i iznalaženje najboljih rešenja za zadovoljenje tih potreba.

Zadatke neposrednog snabdevanja jedinica municijom realizuju izvršni organi koji su razvijeni po celoj strukturi sistema snabdevanja. Izvršni organi u sistemu snabdevanja formirani su kao jedinice i ustanove. Integrisani su u okviru pozadinskih jedinica i ustanova kao posebne organizacione celine. U strukturi sistema snabdevanja izvršni organi ne prate obavezno liniju komandovanja i ne moraju se razvijati na svim nivoima komandovanja.

Za ilustraciju ovog pristupa određivanja kvantitativnih pokazatelja funkcionisanja sistema snabdevanja korišćen je hipotetički sistem, prikazan na slici 1.

Jedinice za tehničko snabdevanje u združenim taktičkim jedinicama u borbenom poretku razvijaju stanice za snabdevanje u rejonu razvoja pozadinske jedinice. Mesto razvoja je, po pravilu, iza zadnjeg elementa borbenog poretka jedinice. U okviru ovih stanica razvijaju se sekcije za snabdevanje municijom.

Sistem tehničkog snabdevanja municijom može obavljati svoju funkciju samo uz postojanje određenih zaliha i rezervi municije, koji su sastavni deo

sistema snabdevanja municijom, a ešelonirane su po nivoima. Viši nivo ešeloniranja je izvor snabdevanja za niže nivoe. Ukupne količine municije koje se ešeloniraju zavise od perioda za koji se rezerve formiraju i operativno-strategijskih planova upotrebe oružanih snaga. Formirane rezerve i zalihe municije raspoređuju se po teritoriji i po nivoima ešeloniranja.

— izveštaj divizionu koji obuhvata utrošak municije i stanje zaliha municije u divizionu.

Armijsku i korpusnu artiljeriju popunjavaju skladišta municije angažovanjem vlastite snabdevačke jedinice pozadinske baze, ako ih pozadinska baza ima. Brigadna artiljerija popunjava se na isti način, s tim da brigadna

Sl. 1 — Struktura sistema snabdevanja artiljerijskom municijom za podršku

Funkcionisanje sistema snabdevanja municijom odvija se realizacijom informacionih i materijalnih tokova. Osnovi za određivanje količine municije za popunu divizionu su:

— plan dejstva divizionu u narednom periodu, odnosno očekivani utrošak municije na narednom vatrenom položaju,

artiljerija ima i dopunski izvor snabdevanja u svom pozadinskom bataljonu. Na osnovu izveštaja divizionu i prognoze utroška na nivou komande brigade formira se zahtev za popunu prema korpusu ili armiji. Odluka da li će pozadinski bataljon popunjavati divizion donosi se na osnovu izveštaja divizionu o stanju zaliha, prognoze utro-

ška municije i procene potrebnog vremena za realizaciju popune sa nivoa armije. Pozadinski bataljon vrši popunu u slučaju kada se proceni da stanje zaliha municije neće biti dovoljno dok se ne realizuje popuna sa nivoa armije.

Informacioni tokovi interesantni su sa stanovišta vremena prenosa i obrade informacija. Mesta generisanja informacija o stanju zaliha municije jesu neposredni potrošači (divizioni) i komande, gde se planira upotreba diviziona. Planiranjem upotrebe diviziona generiše se veličina očekivanog utroška u narednom periodu (narednim vatrenim položajima). Pored toga, generišu se i informacije o mestu divizionu (mesto narednog ili narednih vatrenih položaja) i vremenu kada će se divizion naći na tom vatrenom položaju. Poznavanjem i obradom ovih informacija moguće je formirati zahtev za popunu divizionu. Vreme koje se stavlja na raspolaganje sistemu snabdevanja za realizaciju popune teče od momenta kada je zahtev primljen do onog momenta kada municija mora biti stavljena na raspolaganje divizionu. To je raspoloživo vreme za organizaciju i realizaciju popune divizionu.

Za organizaciju i realizaciju popune sistemu snabdevanja je potrebno vreme, koje mora biti manje od raspoloživog vremena, inače divizionu municija ne može stići na vreme. Borbeno situacija, zbog uticaja neodređenosti i neizvesnosti, uslovljava momenat kada je moguće artikulirati zahtev za popunu, a postavljena struktura, organizacija i primenjena tehnologija u sistemu snabdevanja ograničavaju vreme organizacije i realizacije popune.

Materijalni tokovi u sistemu snabdevanja ostvaruju se angažovanjem transportnih i manipulativnih kapaciteta jedinica za snabdevanje i povremenim angažovanjem kapaciteta transportnih jedinica. Faze realizacije dotura municije u jednom ciklusu, za hipotetički sistem snabdevanja, prikazane su na slici 2.

Materijalni tokovi u sistemu snabdevanja municijom realizuju se između izvora snabdevanja i jedinica koje predstavljaju krajnje potrošače. Neposredno pre ili početkom borbenih dejstava lokacija rezervi se menja, čime se uspostavljaju borbeni poredak i materijalni tokovi onako kako su predviđeni organizacijom sistema snabdevanja. Preuzimanjem rezervi iz trupnih skladišta, što obavljaju združeno-taktičke jedinice, i raseljavanjem vantrupnih skladišta rezerve municije se približavaju neposrednim potrošačima, čime se skraćuju putevi dotura, a time i vreme popune jedinica.

Izbor kvantitativnih pokazatelja koji opisuju procese popune

Za određenu organizaciju i primenjenu tehnologiju u sistemu snabdevanja nameće se potreba dimenzionisanja elemenata sistema. Zato će biti prikazana mogućnost razvijanja modela za određivanje sistema ešeloniranja na trupnom nivou, kao i način određivanja zahteva za angažovanje transportnih kapaciteta. Da bi ovi modeli mogli da se razviju, neophodno je definisati pokazatelje koji opisuju navedene veličine.

Osnovni cilj postojanja i funkcionisanja sistema snabdevanja jeste da zadovolji potrebe potrošača za municijom. S obzirom na to da se u sistemu snabdevanja i njegovom okruženju odvijaju slučajni procesi, mora se uvažiti i nužnost postojanja rizika, što znači da je pri definisanju pokazatelja neophodna stalna orijentisanost prema verovatnoći zadovoljenja potreba. Nivo verovatnoće zadovoljenja potreba može se postaviti kao zahtevana veličina ili analizom birati vrednost verovatnoće zadovoljenja u odnosu na prirast posmatrane veličine i prirast verovatnoće zadovoljenja potreba. Verovatnoća zadovoljenja potreba divizionu za municijom znači da data organizacija sistema snabdevanja, primenjena tehnologija i dimenzionisani elementi sis-

Sl. 2 — Faze realizacije dotura municije

tema omogućavaju zadovoljenje potreba u zahtevanom (ili određenom) procentu slučajeva. U slučajevima kada sistem, onako kako je postavljen, ne može da zadovolji potrebe, moraju se preduzimati dodatne aktivnosti kako bi se ipak zadovoljile. Ovakvi slučajevi moraju biti retki.

Popuna municijom u borbenim dejstvima može se opisati sledećim pokazateljima:

- količinom municije kojom se jedinica popunjava,
- vremenom između dve popune jedne jedinice,
- vremenom između dve popune koju realizuje snabdevačka jedinica,
- vremenom realizacije popune,
- angažovanjem transportnih kapaciteta.

Količina municije kojom se jedinica popunjava je slučajna veličina. Ona zavisi od stanja zaliha municije u jedinici i procenjene potrošnje u narednom periodu (vatrenom položaju). Da bi se dobila realna slika o količinama municije kojom se jedinica popunjava neophodno je posmatrati nivo sa kojeg se ona popunjava. Razdvajanjem količina municije kojom se jedinica popunjava po nivoima sa kojih se popunjava, dobija se slika toka municije po količini u sistemu. S obzirom na to da je ova veličina slučajnog karaktera, njen opis je dovoljan definisanjem raspodele verovatnoća.

Vreme između dve popune jedne jedinice pokazuje koliko često se snabdevačke jedinice pojavljuju u jednom artiljerijskom divizionu, odnosno koliko često jedinica prima municiju. Ova veličina je slučajnog karaktera, jer je posledica intenziteta potrošnje municije, stanja zaliha municije u jedinici i intenziteta premeštanja artiljerijske jedinice sa jednog na drugi vatrene položaj. Opis ove veličine je dovoljan raspodelom verovatnoća.

Vreme između dve popune koje realizuje snabdevačka jedinica je slu-

čajna veličina i predstavlja vreme između dva početka angažovanja snabdevačke jedinice. Ova veličina zavisi od potoka zahteva za popunom od jedinica oslonjenih na snabdevačku jedinicu, a može se predstaviti raspodelom verovatnoća.

Vreme realizacije popune je slučajna veličina i teče od momenta prijema zahteva za popunu do realizacije zahteva (istovara municije u popunjavanoj jedinici). Ova veličina zavisi od količine municije kojom se jedinica popunjava, udaljenosti rezervi municije od popunjavane jedinice, brzine kretanja transportnih sredstava, primenjene tehnologije pri utovaru, pretovaru i istovaru municije.

Angažovanje transportnih kapaciteta je slučajna veličina i može se opisati kao količina municije za koju se angažuju transportni kapaciteti u vremenu, što govori da je složenog karaktera. Opis ove veličine moguć je na više načina. Za potrebe ovog rada primereniji opis je vezivanje količina municije za vreme. Opis ove veličine je moguć formiranjem posebnih raspodela količina za koje se angažuju transportni kapaciteti i vremena angažovanja tih kapaciteta. Međutim, na ovaj način gubi se veza između količina za koje se angažuju transportni kapaciteti i vremena angažovanja. Formiranjem dvodimenzionalne raspodele ovaj nedostatak se otklanja, ali i dalje nije obuhvaćeno angažovanje transportnih kapaciteta na različitim zadacima. Zbog toga bolja je varijanta formiranja kumulante kojom se dobija slika angažovanja transportnih kapaciteta u vremenu. Merodavna količina municije za transport dobija se izdvajanjem vremenskog intervala u kome su zahtevi za angažovanjem transportnih kapaciteta najveći. Vreme za koje su transportni kapaciteti angažovani, jednako je vremenu transportnog ciklusa.

Tabela 1

Vremenska slika promene stanja

AKTIVNOST (vreme u satima)	Jedinice armije				Jedinice korpusa			
	mabr	okbr	1. mbr	2. mbr	1. mtbr	2. mtbr	1. mbr	2. mbr
Uvodi se u borbu prvi put	0	155 do 165	0	65 do 75	0	55 do 65	0	45 do 55
Izvodi se iz borbe prvi put	240	240	65 do 75	155 do 165	55 do 65	110 do 120	45 do 55	90 do 100
Uvodi se u borbu drugi put	—	—	180 do 190	—	110 do 120	170 do 180	90 do 100	135 do 145
Izvodi se iz borbe drugi put	—	—	240	—	170 do 180	240	135 do 145	180 do 190

Napomena: vreme uvođenja u borbu u datom intervalu se poklapa sa izvođenjem druge jedinice i određuje se na slučajan način. Pretpostavlja se da su jedinice sve vreme oslonjene na pozadinsku bazu i da moraju biti popunjene pre uvođenja i nakon izvođenja iz borbe. U obzir se ne uzima popuna nakon 240. sata. U tabeli se sa 0 označava početak borbenih dejstava.

Određivanje vrednosti kvantitativnih pokazatelja funkcionisanja sistema snabdevanja

Za potrebe ovog rada korišćen je model sistema snabdevanja municijom artiljerije za podršku koji je objavljen u Vojnotehničkom glasniku br. 1/95.

Eksperimentisanje na modelu, kao jedna faza istraživanja, obuhvata planiranje jednog ili više eksperimenata i njihovu realizaciju. Realizacija eksperimenata, u ovom slučaju, znači sprovođenje simulacije na procesnom modelu.

Interpretacija opisanog modela u programskom jeziku zahteva tačno definisanje inicijalnih stanja i nekih od opisnih varijabli komponenata sistema.

Inicijalni »scenario« za komponente modela je dinamički model opštih borbenih dejstava. U ovom radu simulacija će biti predstavljena prema sledećem »scenariju«: simulira se popuna jedinica armije oslonjenih na jednu pozadinsku bazu. Jedinice se nalaze u odbrani. Na pozadinsku bazu su oslonjene sledeće jedinice armije:

- *mešovita artiljerijska brigada sastava:*
 - dva divizion 152 mm,
 - divizion 130 mm,
 - divizion 155 mm;
- *oklopna brigada*
 - divizion 122 mm;
- *dve mehanizovane brigade*
 - divizion 122 mm;
- *korpus sastava:*
 - dve motorizovane brigade,
 - divizion 105 mm,
 - dve mehanizovane brigade,
 - divizion 122 mm,
 - mešovita artiljerijska brigada sastava:
 - divizion 155 mm,
 - divizion 152 mm,
 - divizion 130 mm.

Vremenska slika promene stanja, prema dinamičkom modelu opštih bor-

benih dejstava, prikazana je u tabeli 1*. Operacija se izvodi 10 dana.

Analiza rezultata dobijenih simulacijom

Pošto ne postoje podaci o ponašanju sistema u uslovima koji su nametnuti u modelu, upoređenje može da se vrši samo sa željenim stanjem sistema i sa očekivanim ponašanjem na osnovu prethodnih saznanja o ponašanju sličnih sistema. U krajnjem, svi zaključci o ponašanju sistema ostaju nedokazani, jer je nemoguće provesti pravu proveru sistema. Modelovanjem i simulacijama na modelu i obradom dobijenih rezultata može da se dobije samo prognoza ponašanja sistema, pa sve dobijene rezultate tako treba i shvatati. S obzirom na to da je na modelu i pojedinim delovima modela sproveden niz eksperimenata, to se na osnovu dobijenih rezultata može uporedo vršiti ocena valjanosti modela i analiza dobijenih rezultata.

Količina municije kojom se jedinica popunjava u jednoj popuni slučajna je veličina. Dobijene raspodele verovatnoća koje opisuju ovu veličinu prikazane su u tabeli 2 za popunu sa nivoa armije za pretpostavljenu organizaciju snabdevanja.

Tabela 2

*Raspodele verovatnoća količine municije
kojom se popunjava jedinica sa nivoa
armije*

Divizioni	Raspodela	Matematičko očekivanje (komada)
105 mm	E (1;0,00297)	673
122 mm	E (2;0,004788)	627
130 mm	N (531;247)	531
152 mm	N (369;188)	369
155 mm	N (329;149)	329

* Vrednosti opisanih varijabli i parametara navedeni su u radovima objavljenim u Vojnotehničkom glasniku 4/95 i 6/95.

Vreme između dva zahteva za popunu, koje dobija pozadinska baza za jednu jedinicu, ima raspodele verovatnoća prikazane u tabeli 3. Pored raspodela verovatnoća u tabeli 3 prikazana su i matematička očekivanja ove veličine.

Vreme između dva zahteva za popunu, koje prima pozadinska baza, pokorava se eksponencijalnoj raspodeli sa parametrom $\lambda=0,0199$ i matematičkim očekivanjem 50 minuta. Znači, očekuje se da će pozadinska baza pri-

Tabela 3

Vreme između dva zahteva za popunu jedne jedinice

Divizioni	Nivo brigade (minuti)		Nivo armije (minuti)	
	Raspodela	M (X)	Raspodela	M (X)
105 mm	LN (5,74;0,92)	475	LN (5,54;0,53)	294
122 mm	LN (6,32;0,75)	741	LN (5,87;0,29)	371
130 mm			LN (6,62;0,3)	781
152 mm			LN (6,21;0,26)	513
155 mm			LN (6,01;0,28)	420

Matematičko očekivanje vremena između dva zahteva jedne jedinice menja se u zavisnosti od divizionu i nivoa kome se zahtev upućuje. Podaci iz tabele pokazuju da se model ponaša na način kako se očekuje da će se ponašati sistem. Dobijena matematička očekivanja vremena između dva zahteva prema nivou brigade veća su nego matematička očekivanja vremena između dva zahteva prema nivou armije, što se i očekivalo. Svi zahtevi usmeravaju se prema nivou armije kao nivou koji vrši osnovnu popunu. Prema nivou brigade zahtevi se usmeravaju kada nivo armije ne može vremenski da stigne da izvrši popunu. Kada se posmatra zavisnost vremena između dva zahteva po divizionima, uočava se da postoji korelacija između vremena dejstva bez promene vatrenog položaja i vremena između dva zahteva koji se upućuju za divizion prema nivou armije.

matu zahtev za popunu na svakih 50 minuta. Radi se o potoku događaja koji nastaje slaganjem više potoka događaja, tačnije četrnaest (prema testnom primeru). Stalno je angažovano deset divizionu, s tim da tokom vremena dolazi do smene u skladu sa zahtevima koji proizilaze iz borbene situacije (prema vremenskoj slici stanja). Pored toga, popune nakon izvlačenja divizionu iz borbe i pre uvođenja u borbu, dopunjavaju tok potoka događaja. Zbog toga se moglo očekivati da se radi o prostom potoku događaja, odnosno da se vreme između dva događaja pokorava eksponencijalnoj raspodeli. Ako se svaki pristigli zahtev posmatra kao jedan događaj jasno je da se radi o Poasonovom potoku događaja. Međutim, ako se zahtev posmatra kao količina municije, radi se o složenom Poasonovom potoku događaja.

Vreme realizacije popune (od momenta prijema zahteva do momenta

završetka istovara municije na mestu dotura) prikazano je u tabeli 4. Matematička očekivanja data su u minutima.

Iz podataka prikazanih u tabeli 4 može se videti da vreme realizacije po-

gli zahtev za popunu prouzrokuje angažovanje transportnih kapaciteta, a svaki završen transportni ciklus oslobađa transportne kapacitete. Zahtevi za angažovanje transportnih kapaciteta prikazani su na slici 3. Zahtev je

Tabela 4

Raspodele verovatnoća vremena realizacije popune

Divizion	Sa nivoa brigade (minuti)		Sa nivoa armije (minuti)	
	Raspodela	M (X)	Raspodela	M (X)
105 mm	V (8,579;207,456)	196	N (318;46)	318
122 mm	N (212;17)	212	N (331;42)	331
130 mm			LN (5,81;0,13)	337
152 mm			LN (5,8;0,12)	334
155 mm			LN (5,78;0,14)	326

V (α ; β) — Vejbulova raspodela

pune sa nivoa armije ne zavisi od divizionu. Udaljenost divizionu čija oruđa imaju manji domet je veća, ali količina municije po masi kojom se ti divizioni popunjavaju je manja, tako da je vreme utovara i vreme istovara manje, pa se time kompenzuje vreme zbog transporta na dužim relacijama.

Angažovanje transportnih kapaciteta menja se u vremenu. Svaki pristi-

izražen tonama municije koju je potrebno transportovati i vremenom zauzetosti transportnih kapaciteta. Prikaz angažovanih transportnih kapaciteta na slici 3 dat je u diskretnim vremenskim intervalima u kojima su sabirani novopristigli zahtevi i oduzimani kapaciteti koji su realizovali zahtev. Veličina intervala određena je prema matematičkom očekivanju vremena iz-

Sl. 3 — Angažovanje transportnih kapaciteta u vremenu

među dva zahteva za popunu prema pozadinskoj bazi. U testnom primeru dobijeno vreme između dva zahteva je 50 minuta, pa je kao najbliža vremenska jedinica, izabran vremenski interval od jednog sata. Angažovanje transportnih kapaciteta slučajan je proces, tako da je za svaki vremenski interval vezana raspodela verovatnoća angažovanih transportnih kapaciteta. Na slici 3 prikazana su matematička očekivanja za svaki vremenski interval.

Može se uočiti da postoji stabilnost angažovanja transportnih kapaciteta, izuzimajući prelazni period. Uzimajući matematička očekivanja angažovanih transportnih kapaciteta kao slučajnu promenljivu, dobija se raspodela verovatnoća matematičkih očekivanja $N(257,17; 10,92)$. S obzirom na to da je standardno odstupanje relativno malo, može se prihvatiti da se radi o slučajnim kolebanjima, tako da zahtev za angažovanjem transportnih kapaciteta, kao slučajnu promenljivu, nije neophodno opisati slučajnim procesom. Dovoljno je ovu slučajnu promenljivu opisati raspodelom verovatnoća. Uzimajući sve realizacije ove slučajne promenljive (osim za prelazni period), dobija se raspodela verovatnoća $N(257,17; 62,3)$. Znači da je matematičko očekivanje zahteva za angažovanjem transportnih kapaciteta u jednom satu 257,17 tona, a standardno odstupanje 62,3 tone. Ova slučajna promenljiva pokorava se normalnoj raspodeli.

Dobijanjem raspodele verovatnoća zahteva za angažovanjem transportnih kapaciteta postavlja se pitanje koliki je merodavni transportni zahtev. S obzirom na to da se radi o slučajnoj veličini, mora se prihvatiti verovatnoća kojom će biti realizovani transportni zahtevi i, na taj način, odrediti merodavni transportni zahtev. U ovom slučaju neophodno je uzimati visoku verovatnoću zadovoljenja. Kroz ceo po-

stupak koji je sproveden, situacije sa ekstremnim zahtevima nisu uzimane u obzir. Zadovoljenje potreba divizionu za municijom uzimano je sa verovatnoćom 0,9. Pretpostavljalo se da će u 10% slučajeva sa ekstremnim zahtevima biti preduzimane dodatne mere u sistemu snabdevanja, kao što je približavanje municije divizionima, ojačavanje divizona transportnim kapacitetima, ostavljanje municije na narednim vatrenim položajima, itd. Međutim, da bi takvi zahtevi mogli biti realizovani nužno je unapred obezbediti transportne i manipulativne kapacitete koji će se moći angažovati. Ovi kapaciteti postoje samo u pozadinskoj bazi. Zbog toga je uzeto da je merodavni transportni zahtev $\mu + 3\sigma$, što u ovom slučaju iznosi 444,07 tona.

U ovom radu za realizaciju su uzeta transportna sredstva klasifikovana po deklarisanosti nosivosti. Uzimajući u obzir koeficijent iskorišćenja vozila, dobijen je odnos prevezenog tereta po klasama vozila, što je prikazano u tabeli 5.

Tabela 5

Pregled vozila i njihovog učešća u prevozu tereta pri realizaciji transportnih zahteva

Nosivost	Koeficijent iskorišćenja	Učešće u prevozu tereta (%)	Broj vozila (kom.)
5 t	0,643	1,7	3
7 t	0,658	1,1	2
9 t	0,713	1,9	2
13 t	0,8	6,6	3
16 t	0,894	9,2	3
20 t	0,894	10,3	3
26 t	0,9	69,2	14

Odnos i broj vozila određen je isključivo prema transportnim zahtevima. Pored ovog moraju se uzimati u obzir i drugi kriterijumi, kao što su zahvati preventivnog održavanja, otkazi vozila i drugi koji nisu predmet ovog rada.

Zaključak

U toku izvođenja borbenih dejstava odvijaju se složeni procesi, koji imaju sve karakteristike slučajnosti i stalnih promena stanja u kome se nalaze jedinice i okruženja u kome jedinice deluju. Borbena dejstva jedinice ostvaruju vatrom, manevrom vatre i pokretom, što uslovljava da je utrošak municije slučajna veličina. Zbog toga zadovoljenje potreba jedinica za municijom predstavlja veoma složen problem. Poseban problem predstavlja zadovoljenje potreba za municijom jedinica za artiljerijsku podršku zbog njihove mogućnosti da u kratkom vremenu utroše velike količine municije po masi, i da veoma brzo menjaju položaje. Mogućnost zadovoljenja potreba za municijom artiljerijskih divizionaa za podršku, kao osnovnih jedinica artiljerije za podršku i najvećih potrošača municije po masi, nametnula se kao jedan od osnovnih problema koje je potrebno istražiti u domenu snabdevanja jedinica municijom.

Osnovni zadatak ovog rada bila je izgradnja modela za određivanje karakteristika sistema snabdevanja municijom.

Hipotetički sistem snabdevanja opisan je strukturom, načinom funkcionisanja i procesima koji se odvijaju u sistemu, posebno izdvajajući materijalne i informacione tokove.

Rezultati dobijeni simulacijom na modelu prema postavljenom »scenariju« prvenstveno pokazuju oblik karakteristika sistema snabdevanja. Na osnovu analize dobijenih rezultata može se zaključiti da primenom razvijenih

modela i postupaka, za definisane ulazne veličine, vremensku sliku promene stanja i zahteve koji se postavljaju pred sistem snabdevanja mogu odrediti veličine nužne za dimenzionisanje resursa u sistemu snabdevanja.

Rezultati testnog primera su prikazani. Metoda modelovanja i simulacije ima dobru stranu jer se može dobiti veliki broj podataka o funkcionisanju sistema. U ovom radu simulacija je strogo ciljno orijentisana, pa su kao izlazi definisani samo podaci o količinama municije kojom se jedinica popunjava, vremenu između dva zahteva jedne jedinice, vremenu između dva zahteva koje dobija pozadinska baza, vremenima realizacije popune i angažovanju transportnih kapaciteta. Međutim, moguće je, pogodnim definisanjem izlaza, istovremeno dobiti podatke o velikom broju procesa koji se odvijaju u sistemu, što zavisi od želja istraživača, ali i njegove kreativnosti.

Jedan od procesa koji su praćeni u testnom primeru jeste angažovanje transportnih kapaciteta. Obradom rezultata dobijeno je angažovanje transportnih kapaciteta pozadinske baze u vremenu. Ova pojava predstavlja slučajni proces koji pokazuje relativnu stabilnost (slika 3). U testnom primeru stalno je angažovano deset divizionaa. Pri drugom broju i vrsti angažovanih divizionaa pojava zadržava stabilnost, ali sa drugim parametrima. Promena broja i vrste angažovanih divizionaa u vremenu prouzrokuje promenu oblika samo u prelaznom periodu. U tom slučaju u odnosu na maksimalne zahteve za angažovanjem transportnih kapaciteta, definiše se merodavni transportni zahtev, koji predstavlja osnov za određivanje broja vozila.

Izgrađeni model omogućava kvantifikovanje i proučavanje niza karakteristika sistema snabdevanja. Pogodnom obradom na osnovu dobijenih rezultata mogu se definisati zahtevi i dimenzionisati resursi u sistemu.

Literatura:

- [1] Rosić, B., Vidojević, V., Rodić, D., Fetahović, I., Radman, Z., Marčesku, N.: Artiljerija, taktičko-operativna upotreba, VIZ, Beograd, 1976.
- [2] Peredeljskij, G. E.: Artiljerijski divizion v boju, Voennoje izdateljstvo, Moskva, 1984.
- [3] Nikolić, Ž.: Metoda proračuna artiljerijske municije za predlog načelnika artiljerije, ASC, Zadar, 1982.
- [4] Mišković, V.: Utvrđivanje kompleta municije artiljerije za podršku u funkciji intenziteta upotrebe artiljerijskih divizona, magistarski rad, CVTŠ, KoV JNA, Zagreb, 1987.
- [5] Vajner, A. J.: Taktički proračuni (prevod s ruskog), COSIS, Beograd, 1986.
- [6] Saković, V. A.: Modeli upravljenja zapasami, Nauka i tehnika, Minsk, 1986.
- [7] Borojević, S.: Metodologija eksperimentalnog naučnog rada, Radnički univerzitet Radivoj Čirpanov, Novi Sad, 1978.
- [8] Horafas, A. F.: Sistemi i modelirovanie, MIR, Moskva, 1967.
- [9] Kapustić, S.: Metodika organizacijskog projektiranja, Samobor, 1984.
- [10] Zeigler, B. P.: Theory of modeling and simulation, J. Wiley, New York, 1976.
- [11] Avramčuk, E. F. i dr.: Tehnologija sistemnog modelirovanija Mašinostroenie, Moskva, Teknik, Berlin, 1988.
- [12] Vukadinović, S.: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, Privredni pregled, Beograd, 1981.
- [13] Maksić, R.: Prilog definisanju postupka za utvrđivanje zakonitosti utroška municije u vremenu za jedinice u oružanoj borbi, doktorska disertacija, VVTŠ KoV JNA, Zagreb, 1989.
- [14] Mišković, V.: Razvoj modela i postupaka za određivanje resursa snabdevanja municijom artiljerije za podršku, doktorska disertacija, VTA VJ, Beograd, 1994.