

UDK: 623.467:623.52:623.54(047)=861
COSATI: 19-01, 19-04

Određivanje rasturanja početne brzine lansiranja netipskog projektila

Dr Momčilo Milinović, dipl.inž.¹⁾
Dr Milivoje Cvetković, dipl.inž.²⁾
Dr Ljubiša Tančić, dipl.inž.²⁾
Miloš Kopečni, dipl.inž.¹⁾

Predstavljeni su uslovi integracije netipskog višecevnog oruda s natkalibarnim projektilom, koji se lansira na principu tromblona (ili katapulte) balističkim uslovima gađanja gornjom grupom uglova. Prikazan je granični slučaj integracije složenih geometrijskih zahteva, koje treba da ispuni slika pogodaka na cilju, s preciznošću gađanja i rasturanjem pogodaka u funkciji radijusa dejstva koji realizuje bojeva glava projektila. Problem je sveden na osetljivost tih grešaka na početne uslove lansiranja (pre svega v_0 i θ_0), pa su uslovi za realizaciju tih veličina razmatrani spoljnobilističkim i unutrašnjebilističkim proračunima.

Ključne reči: spoljna balistika, unutrašnja balistika, balistički projektil, početna brzina, dejstvo na cilju.

Uvodno razmatranje

Za potrebe brzog razminiranja eksplozivnim dejstvom sa distance u veoma kratkom vremenu, oklopnomehanizovane, i druge jedinice, često koriste samohodne višecevne sisteme posebnog tipa sa posebno konstruisanim projektilima za gađanje sa većim masama na veoma malim rastojanjima. Obično se sistem realizuje na šasiji borbenog vozila tipa oklopnog transportera. Ovakvo moderno sredstvo za otvaranje minskih polja, otvara prolaz širine $B \approx 4,5 \div 5$ m i dužine $L \approx 100$ m za prolaz tenkova i druge samohodne tehnike, najčešće na dometu od 250 do 550 m, postepenim ispaljivanjem određenog broja projektila ($N \approx 20 \div 30$) sa bojevim glavama punjenim eksplozivom i specijalno konstruisanim upaljačem koji obezbeđuje detonaciju u okolini površine ili na zadatoj penetraciji projektila, zavisno od tipa terena.

Prolaz se ostvaruje na zadatoj dužini minskog polja gađanjem gornjom grupom elevacionih uglova pojedinačnom uzastopnom vatrom. Dužina prolaza definisana je radijusom zadatog bojevog dejstva, po

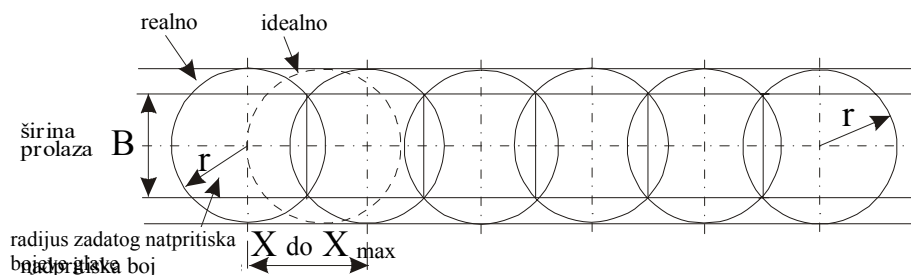
natpritisaku, brojem projektila i uglovnim preklapanjem po dometu i pravcu. Širina prolaza kroz minsko polje definisana je uzastopnim preklapanjem pogodaka, tj. tetivom preklapanja (tangenta nije dozvoljena) sl.1.

Specijalni protivminski projektili detonacijom eksplozivnog punjenja nad terenom mogu da izvrše neutralizaciju površinskog, plitkog ukopanog minskog polja s protivoklopnim ili protivpešadijskim minama.

Tačnost i preciznost gađanja definisani su sistemom za upravljanje vatrom i konstrukcionim karakteristikama.

Karakteristike projektila za otvaranje minskog polja, geometrijski i balistički uslovi izvršenja zadatka

Projektil (sl.2) je obično specijalan tip natkalibarne municije, čije rešenje treba da obezbedi precizan let, minimalno dozvoljeno rasturanje po pravcu i dometu, visok stepen osetljivosti na početne uglove lansiranja (početni ugao elevacije θ_0) i punjenje koje obezbeđuje dovoljan

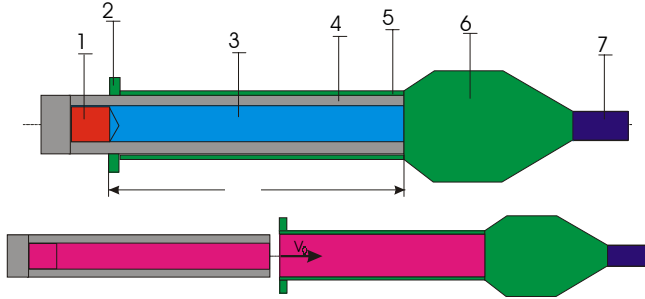


Slika 1. Širina prolaza kroz minsko polje

¹⁾ Mašinski fakultet, 11000 Beograd, 27. marta 80

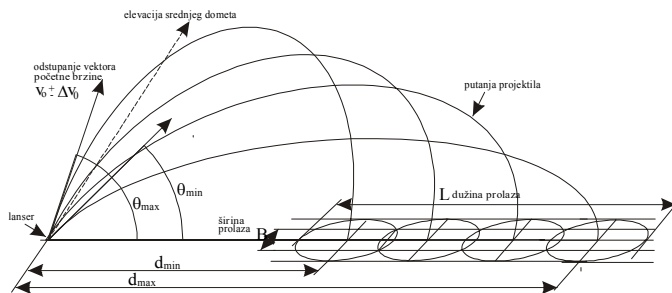
²⁾ Vojna akademija VJ, 11000 Beograd, Ratka Resanovića 1

natpritisak na zadanom radijusu r pri dejstvu na cilju. Lansira se sa cevi (a ne iz cevi) kao tromblon, na koju je navučen sa spoljašnje strane. Metak sa punjenjem bez zrna, kalibra 30 mm, opaljenjem stvara natpritisak u slobodnoj zapremini cevi i katapultira projektil, koji se odbravljuje i kliza po spoljašnjem prečniku svojom unutrašnjom stranom tela, sve do postizanja početne brzine lansiranja v_0 .



Slika 2. Izgled projektila i princip lansiranja: 1- lansirno punjenje tipa tromblonskog metka, 2- stabilizatori projektila, 3- slobodna zapremina, 4- lansirna cev, 5- telo projektila navučeno na lansirnu cev, 6- bojeva glava s eksplozivnim punjenjem, 7- upaljač i l - dužina lansirne cevi

Svaka od cevi u sistemu višecevnog lansera integrisanog na vozilo tipa oklopni transporter, nalazi se pod drugačijim uglom elevacije kako bi s istom postignutom početnom brzinom ostvarila sliku uzastopnih pogodaka po dometu od d_{\min} do d_{\max} (sl.3).



Slika 3. Princip razminiranja minskog polja

Sve cevi smeštene su na platformi koja obezbeđuje srednji domet slike pogodaka D (sl.3). Razlika između dometa poslednjeg projektila u rafalu d_{\max} i prvog projektila u rafalu d_{\min} predstavlja okvirnu dužinu (L) otvorenog minskog polja na izabranom srednjem dometu D (prikazano na sl.3). Srednji domet bira se izborom srednjeg pravca elevacije θ_{sr} iz gornje grupe uglova gadjanja, čime se ostvaruje mogućnost srednjih dometa datih u tabeli 1.

Radijus dejstva natpritisaka bojeve glave na cilju r (slike 1, 3, 4, 5) i njegova preklapanja pri uzastopnim pogocima određuje kvalitet (po pouzdanosti) i širinu prolaza u minskom polju.

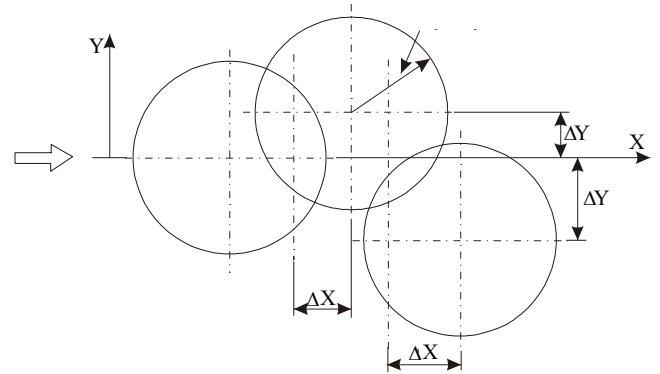
Pri idealnom gadjanju, bez podbačaja po dometu i po pravcu, cevi su ugrađene po uglu elevacije od θ_{\min} do θ_{\max} , za ceo rafal, tako da dva uzastopna pogotka čiji je radijus natpritisaka dejstva bojeve glave na cilju r , imaju očekivanu tačku pada na rastojanju $x \approx r$ po dometu (sl.1). To znači da se neparna gadjanja u rafalu tangiraju po krugovima radijusa dejstva ista kao i parna, i to u tačkama duž očekivane srednje linije slike pogodaka po dometu (sl.3). Najveća moguća širina prolaza ostvarila bi se kada se dva uzastopna pogotka poklope i iznosila bi $B = 2r$. Pošto to ne bi moglo da ostvari sliku pogodaka date dužine L , proračunska širina

data je radijusima preklapanja po pretpostavljenom modelu za koji je širina otvorenog prolaza $B = r\sqrt{3}$.

Podbačaji po dometu smanjuju širinu prolaza do vrednosti $0 < B < r\sqrt{3}$ gde vrednostima $B = 0$ odgovara vrednost $X = 2r$.

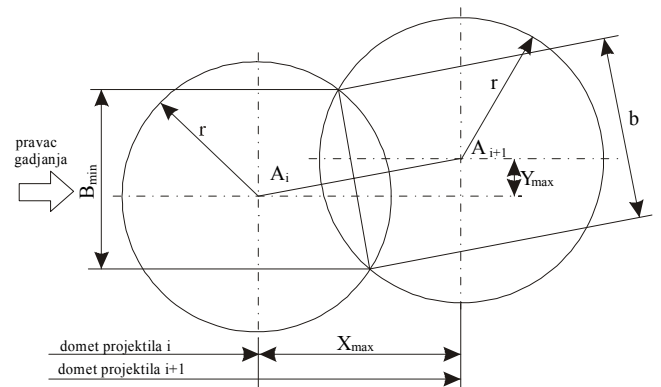
Iz navedenog se vidi da uzastopna gadjanja, čija je tačka pada po dometu (ako se zanemari skretanje po pravcu), u oblasti od jednog do dva radijusa natpritisaka bojeve glave, ne zadovoljava uslove taktičko-tehničkih zahteva da se pouzdano otvori minsko polje širine B . To znači da greška ugradnje θ svake od cevi mora biti pozicionirana u skladu s greškom početne brzine projektila v_0 precizno, tako da na graničnim minimalnim i maksimalnim dometima obezbedi preklapanje pogodaka u okolini vrednosti dužine preklapanja $B = r\sqrt{3}$.

U realnom rafalu, osim odstupanja po dometu, očekivano je i odstupanje po pravcu. Tada se može očekivati slika uzastopnih pogodaka data kao na sl.4, gde su vrednosti ΔX i ΔY odstupanja centra pogodaka od tačke pada projektila date za idealan slučaj.



Slika 4. Očekivana slika pogodaka

Odstupanje od ovog slučaja daje geometrijsku sliku dva uzastopna pogotka u rafalu, prikazanu na sl.5.



Slika 5. Geometrijska slika dva uzastopna pogotka

Na slici se vidi da je širina prolaza B vertikalna projekcija tetive b dva uzastopna preklapajuća pogotka s greškom u centrima padnih tačaka A_i i A_{i+1} .

Na osnovu iznetih analiza, može da se napiše konačna ocena geometrijske slike grešaka gadjanja koja daje sledeće relacije:

$$X_{\text{prorač}} = r \quad (1)$$

$$X_{\text{max}} = 2\sqrt{r^2 - \left(\frac{B_{\text{zadato}}}{2}\right)^2} \quad (2)$$

$$Y_{\max} = \sqrt{\frac{4r^2 - B_{\text{zad}}^2 - X_{\text{max}}^2}{1 - \left(\frac{B_{\text{zad}}}{X_{\text{max}}}\right)^2}} \quad (3)$$

Ako se greška gađanja po dometu svakog pojedinačnog projektila definiše sa ΔX_{max} , a po pravcu sa ΔY_{max} , onda je odstupanje po pravcu i dometu dobijeno na osnovu potrebnog geometrijskog uslova slike pogodaka dato vrednostima:

$$\Delta X_{\text{max}} = \pm \frac{X_{\text{max}} - X_{\text{pror}}}{2} = \pm \frac{X_{\text{max}} - r}{2} \quad (4)$$

$$\Delta Y_{\text{max}} = \pm \frac{Y_{\text{max}}}{2}$$

što predstavlja geometrijske uslove za otvaranje širine prolaza u minskom polju koje treba da ostvari unutrašnje-balistički i spoljnobalistički zadatak lansiranja i leta projektila. Takođe :

- Radi uprošćenih analiza zadata vrednost širine prolaza smatrana je ujedno minimalnom vrednošću: $B_{\text{zad}} = B_{\text{min}}$.
- Uticaj vetra na skretanje po pravcu u preliminarnoj spoljnobalističkoj analizi je zanemaren.
- Spoljnobalistički koeficijenti su usvojeni u skladu sa sličnim minobacačkim projektilom.
- Rešavan je uprošćen 3-D balistički model leta projektila i pomoću njega utvrđene ekstremne vrednosti odstupanja i potrebne početne brzine za zadatu oblast elevacije.
- Potrebna minimalna vrednost početne brzine $v_{0\text{min}}$ određena je za maksimalni projektovani domet d_{max} pri minimalnoj elevaciji i -te cevi.
- Procena potrebne greške gađanja svedene na odstupanje početne brzine dobijene proračunom iz tačke e) obavljena je iz proračuna spoljne balistike na minimalnom (projektovanom) dometu i -te cevi.

Zbirni rezultati spoljnobalističkih proračuna i vrednosti parametara koje je potrebno ostvariti da bi se zadovoljili ovako složeni i precizni geometrijski uslovi slike pogodaka integrisanim sistemom rafalnog gađanja, dati su u tabelama 1 i 2.

Tabela 1.

Opšti podaci:				
- Broj projektila u rafalu: $N = 24$		- Početna brzina: $v_{\text{osr}} = 85 \text{ m/s}$ – fiksno		
- Masa projektila: $m = 42 \text{ kg}$		- Kalibar (natkalibar): $D = 247 \text{ mm}$		
- Dužina projektila: $l = 1,2 \text{ m}$				
- Dužina prolaza u minskom polju: $L \approx 100 \text{ (m)} \pm \Delta L$				
- Širina prolaza u minskom polju: $B \approx 5 \text{ (m)} \pm \Delta B$				
- Radijus impulsa natpritisaka bojeve glave: $r \approx 4,5 \text{ (m)}$				
Dometi individualnih projektila u rafalu		Oblast uglova elevacije pod kojim su fiksno ugrađeni lanseri	Srednji domet prolaza u minskom polju	Srednja širina prolaza u minskom polju
$d_{\text{min}} \div d_{\text{max}}$		θ_0 (od ÷ do)	D (m)	L (m)
min	238 ÷ 353,5	$80^0 \div 74,6^0$	~ 290	112,5
sr.	350 ÷ 453,5	$74,8^0 \div 69,5^0$	~ 400	103,5
max	452 ÷ 540	$69,5^0 \div 64,2^0$	~ 495	88

Tabela 2.

Greške graničnih vrednosti minimalnih dometa pri oscilovanju početne brzine v_0 (osetljivost minimalnog dometa na v_0) i na oscilovanje ugla elevacije θ_0			
Pri promeni ugla elevacije $\Delta\theta_0 = \pm 0,1^0$			
v_0 (m/s)	84,7 ÷ 84,8	84,9 ÷ 85,1	85,2 ÷ 85,3
L (m)	236,3 ÷ 236,8	237,4 ÷ 243,4	244,0 ÷ 244,5

ΔX (m)	≈ 6	$\approx 7,1$	$\approx 8,2$
----------------	-------------	---------------	---------------

U ovoj analizi nije razmatrano tolerantno polje radijusa natpritisaka r što predstavlja predmet posebne analize iz domena fizike eksplozije i konstrukcije bojeve glave.

Ako se za ovakav sistem postavi granica u smislu da:

- maksimalno zakrivljenje glavnog pravca gađanja po celoj dužini otvaranja minskog polja ne bude veće od $\pm 5\%$,
 - dužina trajanja rafala u jednom otvaranju na traženoj dužini ne bude duža od intervala promene dozvoljenog bočnog vetra,
- onda se ovakvi zahtevi moraju postaviti s ograničenjima koja se mogu iskazati u performansama ovakvog bacača.

Performanse koje zadovoljavaju navedene zahteve su:

- 24 do 26 projektila u rafalu,
- vreme ispaljivanja od 61 sec do 65 sec,
- dužina otvorenog polja ~ 100 m do 130 m i
- širina prolaza ne manja od 4,5 m.

Pomenuta tolerancija radijusa polja natpritisaka $R \pm \Delta r$ pri eksploziji bojeve glave iznad površine zemlje, ili ispod površine plitke vode, obezbeđuje se ukoliko sama netipska municija poseduje sledeće performanse:

- da najmanje 98% projektila i bojevih glava obezbedi impuls natpritisaka eksplozije iznad tla pri dodiru vrha upaljača na rastojanju od najmanje 0,3 m, intenzitetom $I = 820 \text{ Ns/m}^2$,
- da najmanje 95% projektila obezbedi intenzitet impulsa natpritisaka na radijusu horizontalne projekcije profila eksplozije ne manjem od $r = 4,8 \text{ m}$ i to na ekstremnim temperaturama upotrebe.

Ovakvo složen zadatak zahteva posebnu analizu pristupa projektila cilju kao i konstrukcije samog upaljača u vezi s vremenom inicijacije (superbrzi pijezo) kao i proračuna penetracije vrha projektila pri različitim slučajevima i tipovima miniranog tla.

Poseban problem analize odnosi se na plitko močvarno minirano tlo i zahtev za njegovo razminiranje. Za te potrebe upaljač i projektil moraju biti snabdeveni mehanizmom za samolikvidaciju, što je inače neophodno za ovakve tipove projektila po međunarodnim propisima.

Na osnovu predstavljenog u tabelama 1 i 2 i na slikama 1-5, vidi se da na ispunjenje zahteva izuzetno utiče radijus bojeve efikasnosti zadatog natpritisaka (impulsa) bojeve glave r i početna brzina v_0 , koja u skladu s principom lansiranja (sl.2) iskazuje veoma veliku osetljivost rasturanja pogodaka sa fiksnim uglovima ugradnje i njihovom zatomom greškom od $\pm 0,1^0$.

Verovatno da se greška ugla ugradnje cevi mora i može svesti na vrednosti koje odgovaraju veličini od $0,5 \div 1$ hiljaditih, što je za red veličina manja vrednost u stepenima od greške koja je analizirana u ovom grubom spoljnobalističkom modelu. To omogućava zbirnu grešku početne brzine u neuporedivo širim tolerantnim poljima od ispitivane, a da se pri tom tolerisana vrednost rasturanja po dometu svede na vrednost ne veću od:

$$X_{\text{max}} = 7,5 \text{ (m)} \quad Y_{\text{max}} = 1,88 \text{ (m)}$$

s greškom gađanja (po dometu i pravcu):

$$\Delta X = \pm 1,311 \text{ (m)} \quad \Delta Y = \pm 0,94 \text{ (m)}$$

Matematički model unutrašnje balistike

Matematički model se razvija na osnovu klasične teorije unutrašnje balistike dopunjene gasodinamičkom teorijom strujanja. U početku procesa opaljenja, barutno punjenje se

nalazi u čahuri koja je na vrhu zatvorena - pertlovana u obliku rozete. Iniciranjem inicijalne kapisle pali se barutno punjenje, koje sagoreva u prostoru čahure dok se ne stvori potreban pritisak (p_0) pri kojem će doći do otvaranja rozete čahure. Ovaj period u procesu opaljenja rešava se klasičnom teorijom unutrašnje balistike. Otvaranjem rozete na čahuri dolazi do strujanja barutnih gasova duž cevi oruđa (lansera) uz istovremeno dalje sagorevanje takođe pokretnih barutnih zrna. U momentu kada strujni talas dospe do dna projektila, započinje njegovo kretanje uz nastavak strujanja barutnih gasova i sagorevajućih barutnih zrna. Ukoliko se sagorevanje barutnih zrna ostvari pre nego što projektil napusti lanser, javlja se i čisti gasodinamički period u kojem se javlja samo strujanje barutnih gasova uz kretanje projektila duž lansera. Proces se završava momentom kada projektil napusti lanser.

Opisani proces se deli u 3 perioda:

1. Prvi period traje od momenta otvaranja rozete na čahuri do momenta kada strujni talas dođe do dna projektila,
2. Drugi period predstavlja nastavak sagorevanja baruta u prostoru iza projektila i kretanje projektila do momenta završetka sagorevanja barutnih zrna i
3. Treći period označava širenje barutnih gasova i kretanje projektila do momenta njegovog napuštanja lansera.

Za prvi period se polazi od gasodinamičke postavke da ako gas struji pravolinijski i paralelno osi x , tada su brzina (v), pritisak (p) i gustina (ρ) funkcije samo puta (x) i vremena (t). Na osnovu toga za barutne gasove važe opšte gasodinamičke relacije:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + v \frac{\partial p}{\partial x} + \rho \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

Smatrajući da je strujanje adijabatsko i uvodeći izraz za brzinu zvuka (c), određenim transformacijama dolazi se do jednačina koje opisuju kretanje strujnog talasa ka dnu projektila u obliku:

$$\frac{dx}{dt} = v + c \quad (7)$$

$$\frac{dv}{dt} = -a \frac{c}{\rho} \quad (8)$$

gde je $a = dp/dt$ definisano izrazom u konačnom obliku. Napominje se da se u gustinu gasova uračunava i masa vazduha koja popunjava prostor u cevi – lanseru.

Jednačine (7 i 8) dopunjuju se jednačinom iz klasične teorije unutrašnje balistike:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{u_1}{e_0} p \quad (9)$$

gde su: y - relativna sagorela debljina baruta, u_1 - jedinična brzina sagorevanja baruta i e_0 - polovina debljine barutnog zrna.

Jednačine (7-9) dopunjuju se jednačinom adijabate, izrazom za brzinu zvuka i određenim jednačinama koje opisuju sagorevanje baruta.

Za drugi i treći period se koriste jednačine klasične unutrašnje balistike. Tako za drugi period važe diferencijalne jednačine:

$$\frac{dv}{dy} = \frac{sI_k}{m} \quad (10)$$

$$\frac{dX}{dy} = \frac{vI_k}{p} \quad (11)$$

$$\frac{dt}{dy} = \frac{I_k}{p} \quad (12)$$

gde su: X - put projektila, m - masa projektila, s - poprečni presek unutrašnjosti projektila i I_k -ukupni impuls pritiska barutnih gasova.

Za treći period važi:

$$\frac{dv}{dx} = \frac{ps}{mv} \quad (13)$$

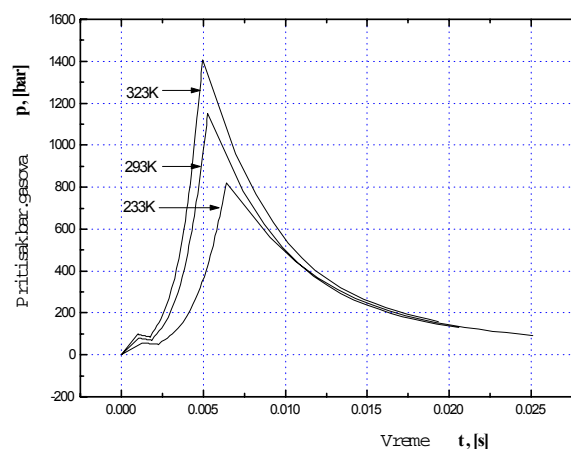
$$\frac{dt}{dx} = \frac{1}{v} \quad (14)$$

Sistem jednačina (10-14) dopunjuje se određenim algebarskim jednačinama.

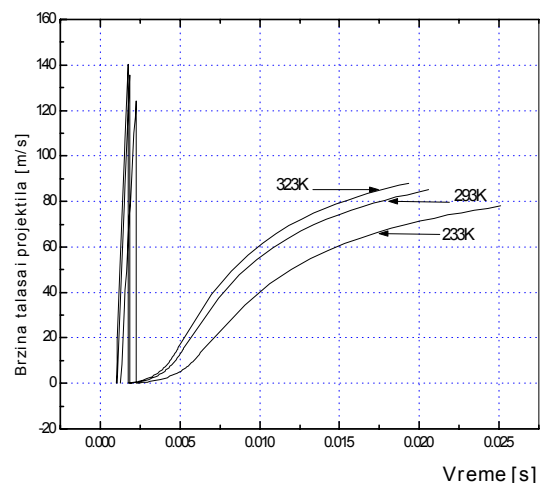
Diferencijalne jednačine za prvi, drugi i treći period rešavaju se metodom Runge-Kutta četvrtog reda.

Unutrašnjebalistički proračun i analiza osetljivosti v_0 na ulazne parametre

Za unutrašnjebalističku analizu formirano je programsko rešenje u Fortranu. Osnovni unutrašnjebalistički proračun realizovan je konstrukcionim parametrima navedenog lansera i odabranim modelom i tipom baruta, koji ostvaruje nominalnu početnu brzinu ($v_0=85$ m/s). Rezultati proračuna na normalnoj temperaturi i na ekstremnim temperaturama



Slika 6. Dijagram promene brzine projektila



Slika 7. Dijagram promene pritiska barutnih gasova

od 50°C i -40°C prikazani su na slikama 6 i 7.

Na dijagramu se vidi da se za temperaturu 50°C dobija povećanje p_m za 22,5% i v_0 za 3,6% odnosno za temperaturu -40°C smanjenje p_m za 35,6% i v_0 za 10,3%. S obzirom da je dozvoljeno odstupanje početne brzine ± 1 m/s (1,18%), to znači da se na ekstremnim temperaturama neće ostvariti očekivani efekti razminiranja. U ovom radu nije analizirano koliki će biti ti efekti.

S druge strane, postavlja se pitanje kako na normalnoj temperaturi utiču polazni podaci za unutašnjebalistički proračun na dozvoljeni dijapazon vrednosti početne brzine od 84-86 m/s. Da bi se odgovorilo na to pitanje, izabrano je 5 podataka. Granice variranja balističkih karakteristika f , α i u_1 određene su izborom baruta jugoslovenske proizvodnje koji se mogu primeniti za navedeni lanser. Od ostalih karakteristika, koje u ovom slučaju mogu varirati, za analizu su izabrani pritisak forsiranja – pritisak otvaranja rozete na grliću tromblonskog metka i masa barutnog punjenja, kao karakteristike koje najviše utiču na promenu početne brzine projektila i maksimalnog pritiska barutnih gasova. Usvojene su granice za masu barutnog punjenja 85-110 g i za pritisak forsiranja 70-90 bar.

Za svaki od 5 izabranih polaznih parametara uzeta je gornja i donja moguća vrednost i, uz nepromenjene ostale parametre, realizovani su proračuni. Rezultati proračuna za početnu brzinu projektila i maksimalan pritisak barutnih gasova prikazani su u tabeli 3 gde oznaka (+) za pojedine parametre označava gornju graničnu vrednost, a oznaka (-) donju graničnu vrednost. Zadnja dva reda daju rezultate proračuna ako su svi parametri na donjoj, odnosno na gornjoj granici. U poslednje 2 kolone prikazana su dozvoljena granična odstupanja parametra, označenog sa (+) i (-), kojima se ostvaruje početna brzina projektila u dozvoljenim granicama.

Tabela 3.

Red. br.	f	α	u_1	p_0	m_b	v_0 , m/s	p_m , bar	v_0 , m/s	Dozvoljeno odstup. param. %
1.	+					85.8	1172	86	2,1
2.	-					83.18	1098	84	-3,1
3.		+				84.96	1082	84	3,2
4.		-				85.02	1183	86	-3,6
5.			+			85.1	1155	86	3,1
6.				-		82.3	1032	84	-27,3
7.				+		85.03	1151	86	13,8
8.				-		84.95	1147	84	-13,7
9.					+	93.9	1438	86	9,5
10.					-	81.38	1042	84	-4,7
11.	-	-	-	-	-	73.2	661.6		
12.	+	+	+	+	+	90.12	1377		

Analizom ovih rezultata zapaženo je se da se ne mogu

birati baruti koji imaju niže vrednosti za balističke karakteristike f i u_1 , jer nije sigurno da će se ostvariti dozvoljena donja granica početne brzine. S druge strane, balističke karakteristike mogu vrlo malo da se menjaju (osim donje granice za u_1) što definiše kriterijume za proizvodnju baruta. Pritisak forsiranja može da se menja u relativno većim granicama što daje veće tolerancije u pertlovanju grlića čahure. Ovaj podatak predstavlja uslov za dinamičku proveru otvaranja rozete i time proveru korektnosti postupka pertlovanja. Masa baruta takođe može da se menja u nešto većim granicama što znači da laborisanje municije može da se ostvari standardnim postupcima, jer su pri tom odstupanja u masi baruta ispod dozvoljene granice.

Zaključak

Podešavanjem rasturanja po dometu i po pravcu, za zadati minimalni radijus impulsa natpritiska oko tačke pada projektila ostvaruje se zahtevano preklapanje uništene površine cilja, a širina prolaza u polju definiše se projekcijom tetive preklapanja dva uzastopna pogotka normalno na pravac otvaranja (gađanja).

Dužina otvorenog prolaza ostvaruje se brojem ispaljenih projektila različitim početnim uglovima elevacije, fiksno zadatim ugradnjom, sa mogućnošću promene zavisno od srednjeg dometa.

Masa bojeve glave i celog projektila bira se prema traženoj veličini natpritiska, a masa projektila definiše potrebne početne uslove lansiranja za zadati ugao elevacije i domet.

Veći radijusi impulsa natpritiska obezbeđuju šire tolerantno polje greške gađanja i rasturanja projektila, kao i manje oštre tolerancije početne brzine projektila i elevacionih uglova ugradnje lansirnih cevi.

Za date bročane podatke pokazuje se da je moguće otvoriti minsko polje širine 5 m i dužine 88-112 m na dometu od 290-500 m. Pri tome početna brzina mora biti u granicama bliskim 85 m/s, a tolerancija ugla elevacije $\pm 0,10$.

Unutrašnjebalističkom analizom definišu se uslovi za vrednosti određenih parametara da bi se ostvarila početna brzina projektila u datoj toleranciji, a što je uslov za proizvodnju odgovarajućeg metka.

Literatura

- [1] *Prospektni materijal za bacač tipa SVO*. Kompanije holding DMD, Trenčing, Republika Slovačka, 1998.
- [2] CVETKOVIĆ, M. *Unutrašnja balistika*. VTA VJ, Beograd, 1998.
- [3] TANČIĆ, L.J. *Zbirka zadataka iz unutrašnje balistike*. VTA VJ, Beograd, 1999.
- [4] STAMENKOVIĆ, Ž. *Diplomski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 2001.*

Rad primljen: 20.5.2002.god.

