

Ljubomir Matić  
dipl. inž.  
Tehnički opitni centar KoV,  
Beograd

## METEOROLOŠKI BILTENI METEO-VATRENI I METEO-SREDNJI – PROGRAMSKO REŠENJE\*

UDC: 551.509.2 : 681.3.06

### Rezime:

*Predmet ovog rada je prikaz programskog rešenja koje se može koristiti za izradu meteoroloških biltena na osnovu pilot-balonskog i radio-sondažnog osmatranja atmosfere, po metodama meteo-vatreni i meteo-srednji.*

*Ključne reči: meteorološka merenja, radio-sonda, artiljerijsko gađanje, softver, matematički model.*

---

## METEOROLOGICAL REPORTS BY METEO-FIRING AND METEO-MIDDLE METHODS-SOFTWARE SOLUTION

### Summary:

*The topic of this work is a description of a software which can be used to create a meteorological report on the basis of pilot balloon and radiosonde observations of the atmosphere by the meteo firing and meteo middle methods.*

*Key words: meteorological measurements, radiosonde, artillery fire testing, software, mathematical model.*

---

## Uvod

Veliki deo delatnosti TOC KoV Vojske SCG odnosi se na spoljnobalistička ispitivanja nevodene klasične i raketne municije, ispaljene ili lansirane iz odgovarajućih oruđa ili lansera, a čiji se rezultati ocenjuju uzimajući, po pravilu, uvek u obzir stvarno stanje atmosfere – dato preko parametara atmosfere, temperature, pritiska i vlažnosti, kao i preko

projekcija vektora vetra na deo površi sfere koncentrične sa Zemljom.

Vrednosti spoljnobalističkih parametara, tj. dometa i/ili visine otvaranja, verovatnog skretanja po daljini i pravcu, u aktima standardizacija, kao što su PKP ili SNO, ili u tablicama gađanja, propisane su za slučaj projektila koji leti kroz tzv. artiljerijsku normalnu atmosferu, gde vrednosti parametara atmosfere temperature, pritiska i vlažnosti, imaju propisane vrednosti i gde nema vetra.

U praksi se, praktično, nikada ne dešava da parametri atmosfere budu jedna-

---

\* Rad je saopšten na stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanja kvaliteta sredstava NVO“, 18. novembra 2003. u Beogradu.

ki parametrima artiljerijske normalne atmosfere, pa je uvek potrebno izvršiti svođenje ili popravku izmerenih spoljnobalističkih parametara, kao što su domet, visina otvaranja i sl., na tzv. normalne tablične uslove.

Da bi se procenio uticaj stvarne atmosfere na let projektila potrebno je poznavati parametre atmosfere u funkciji koordinata i vremena.

Meteorološki bilteni razvijeni su sa ciljem da se odrede parametri atmosfere u funkciji visine i vremena, i da se, uz pomoć tablica gađanja, omogući da se proceni uticaj odstupanja tih parametara od propisanih normalnih tabličnih vrednosti na let ispitivanog projektila, tj. da se što tačnije odgovori na pitanje: „kako bi izgledala putanja ispitivanog nevođenog projektila u uslovima leta kroz artiljerijsku normalnu atmosferu?“

TOC KoV je u svojim dosadašnjim ispitivanjima uspešno koristio rezultate obrade snimljenih meteoroloških parametara po metodi meteo-vatreni i modelu razvijenom pre više od deset godina. U novije vreme, u novijim tablicama gađanja, daju se podaci neophodni za primenu obrade snimljenih meteoroloških parametara po metodi meteo-srednji, koja je nešto bliža tačnoj metodi.

Tačna metoda za procenu uticaja trenutne atmosfere na putanju nevođenog projektila bazira se na matematičkom modelu projektila kao krutog tela, sa šest stepeni slobode, sa aerodinamičkom ili žiroskopskom stabilizacijom, gde je potrebno poznavati aerodinamički otpor konkretnog projektila, a u slučaju raketnog projektila, ili projektila sa generatorom gasa, i dijagram potiska konkretnog

raketnog motora ili generatora gasa. Naravno, potrebno je i poznavanje konkretnog artiljerijskog oruđa ili lansera.

Primena ovog modela zahteva visokostručnog operatera i prethodno poznavanje određenog broja parametara nevođenog projektila do kojih se dolazi primenom merenja u aerodinamičkim tunelima i opitnim stanicama, odnosno potrebna je velika baza podataka o svim nevođenim projektilima, a koja do sada nije urađena. Model će biti primenljiv kada se reši potpuna automatizacija rada sa njim, tj. kada se bude tako koncipirao da je potrebno izabrati samo vrstu i model sistema projektil-oruđe, uneti srednje vrednosti meteoroloških parametara po slojevima i izmerene spoljnobalističke parametre – kao što je domet i/ili visina otvaranja i skretanje po daljini i pravcu, a tzv. poklapanje teorijske i stvarne putanje bi se vršilo automatski. To znači da neće biti više potrebe za tablicama gađanja u formi knjige.

Cilj izrade programskog rešenja, koje se bazira na približnim metodama meteo-vatreni i meteo-srednji, bio je izrada modela jednostavnog za rukovanje, a dovoljno tačnog da omogući ocenjivanje ispitivanog nevođenog projektila bez poznavanja tačnih aerodinamičkih i unutrašnjebalističkih parametara nevođenog projektila – uz primenu tablica gađanja.

## **Matematički model**

### *Meteorološki parametri*

Meteorološki parametri, virtualna temperatura  $\tau$ , pritisak  $p$  i brzina vetra  $w$ , takozvani meteo-poremećaji, utiču na let

projektila od oruđa do cilja, tj. utiču na putanju projektila [2], [3].

Virtualna temperatura i pritisak su parametri koji definišu gustinu vazduha i brzinu zvuka od kojih zavisi veličina otpora kretanju projektila (veća gustina – veći otpor tj. manji domet i obrnuto; veća brzina zvuka – manji otpor, tj. veći domet i obrnuto).

Vetar utiče na povećanje ili smanjenje dometa, kao i na skretanje u levo, ili desnu stranu od pravca gađanja.

Virtualna temperatura je fiktivna temperatura, i izračunava se po formuli:

$$\tau = \frac{T}{1 - \frac{3 p_{vm} \cdot f}{8 \cdot 100 \cdot p}} \quad (1)$$

gde je:

$T(K)$  – temperatura suvog vazduha,

$p_{vm}(\text{mbar})$  – maksimalni parcijalni pritisak vodene pare u vazduhu,

$p(\text{mbar})$  – totalni pritisak (vlažnog) vazduha,

$f(\%)$  – vlažnost vazduha.

Maksimalni parcijalni pritisak  $p_{vm}$  dobija se [2]:

za  $T \geq 273,15 \text{ K}$  je:

$$p_{vm} = k \cdot 10^{.6609 + 7,5(T-273,15)/(T-36)}$$

za  $T < 273,15 \text{ K}$  je:

$$p_{vm} = k \cdot 10^{.6609 + 9,5(T-273,15)/(T-7,5)} \quad (2)$$

gde je  $T(K)$ , i  $p_{vm}(\text{mbar})$ , a konstanta  $k = 1,33322$ .

Jednačina stanja vlažnog vazduha je:  $\frac{p}{\rho} = R_s \tau$  (3)

Vlažan vazduh je idealan gas čija je temperatura fiktivna temperatura  $\tau$ , a gasna konstanta je konstanta suvog vazduha  $R_s = R = 287,04 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ .

Tablična (standardna) virtualna temperatura na visini „y“ iznad nivoa mora izračunava se po formulama:

$$\tau(y) = 288,9 - 0,006328 \cdot y, \text{ za } 0 < y < 9.300 \text{ m,}$$

$$\tau(y) = 230 - 0,006328(y - 9300) + 1172 \cdot 10^{-6}(y - 9300)^2, \text{ za } 9.300 < y < 12.000 \text{ m i}$$

$$\tau(y) = -51,5 \text{ }^\circ\text{C} = 221,5 \text{ K, za } y > 12.000 \text{ m} \quad (4)$$

Tablični (standardni) totalni pritisak na visini „y“ iznad nivoa mora izračunava se po formulama:

$$p = p_0 e^{5,3984 \ln \left( 1 - \frac{0,006328 \cdot y}{289,06} \right)}, \text{ za } 0 < y < 9300 \text{ m,}$$

$$p = p_0 \cdot 219,291 \cdot$$

$$e^{-2,12064(\arctg(0,00007274(y-9300)-0,19639) + \arctg(0,19639)) / 750}$$

za  $9300 < y < 12000 \text{ m i}$

$$p = p_0 \cdot 145,34407 \cdot e^{-0,0001542(y-12000) / 750}, \text{ za } y > 12000 \text{ m.} \quad (5)$$

Izmereni prizemni meteo-podaci na nadmorskoj visini meteo-stanice  $Y_{MS}$  svode se na nivo nadmorske visine vatrenog položaja  $Y_{VP}$  prema formulama:

$p(Y_{VP}) = p_{MS} + \Delta p(Y_{VP} - Y_{MS})$  – pritisak vazduha na visini vatrenog položaja i (6)

$\tau(Y_{VP}) = \tau_{MS} + \Delta \tau(Y_{VP} - Y_{MS})$  – temperatura vazduha na visini vatrenog položaja, gde su promene pritiska i temperature date formulama:

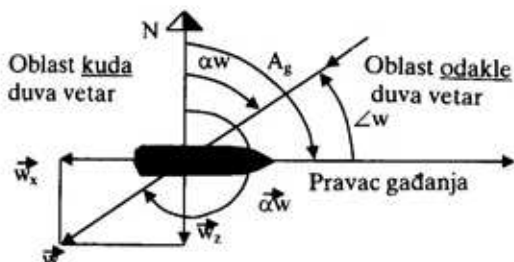
$$\Delta p = p_{MS} [1 + 2,19037 \cdot 10^{-5}(Y_{MS} - Y_{VP})] - p_0(Y_{BVP}) \quad (7)$$

$$\Delta \tau = \tau_{MS} + 6,328 \cdot 10^{-3}(Y_{MS} - Y_{VP}) - \tau_0(Y_{BVP}) \quad (8)$$

Indeksi MS, VP ili 0 označavaju veličine stanja na visini meteo-stanice, vatrenog položaja ili na nivou mora.

### Definicije artiljerijskih pojmova

Pravac i smer vetra definišu se prema stranama sveta odakle vetar duva (se-



Sl. 1 – Ukupan vetar i njegove komponente

verni, južni, istočni, zapadni, severoistočni ...).

*Pravougli azimut vetra* ( $\alpha w$ ) je ugao između pravca severa i pravca odakle vetar duva, i očitava se u smeru satne kazaljke (minus matematički smer). Npr: za istočni vetar ovaj ugao je  $90^\circ$ , a za zapadni vetar je  $270^\circ$ .

*Pravougli azimut vektora vetra* ( $\alpha \bar{w}$ ) je ugao između pravca severa i pravca kuda vetar duva i očitava se u smeru satne kazaljke (minus matematički smer). Npr: za istočni vetar ovaj ugao je  $270^\circ$ , a za zapadni je  $90^\circ$ .

*Ugao vetra* ( $\angle w$ ) je ugao između pravca gađanja i pravca odakle vetar duva i očitava se u smeru suprotnom kretanju satne kazaljke (plus matematički smer).

Na slici 1 prikazan je let projektila u atmosferi sa vetrom, gde oznake imaju sledeće značenje:

- $\bar{w}$  – vektor ukupnog vetra, prikazan u oblasti kuda duva vetar;
- $\bar{w}_x$  – uzdužna komponenta vetra (projekcija „w“ na pravac gađanja)
- $\bar{w}_z$  – bočna komponenta vetra (projekcija „w“ na normalu na pravac gađanja)
- $A_g$  – azimut pravca gađanja
- $\alpha w$  – pravougli azimut vetra

$\alpha \bar{w}$  – pravougli azimut vektora vetra  
 $\angle w$  – ugao vetra ( $\angle w = A_g - \alpha w$ )  
 $w_x = w \cos \angle w$  i  $w_z = w \sin \angle w$

*Pilot-balonsko osmatranje* je praćenje kretanja gumenog balona iz jedne tačke, napunjenog vodonikom, pomoću optičkog teodolita, merenje uglova elevacije i azimuta balona u određenim vremenskim intervalima, pomoću kojih se određuje položaj balona u prostoru. Usvojeno je da je brzina pilot-balona poznata konstantna vrednost (najčešće je  $V = 180$  ili  $300$  m/s) koja zavisi od količine (mase) vodonika u balonu.

*Radio-sondažno osmatranje*, kao drugi način osmatranja atmosfere, je praćenje kretanja radio-sonde, nošene gumenim balonom (napunjenog vodonikom) radarskim uređajem. Pravac i brzina vetra mere se određivanjem položaja radio-sonde u prostoru u određenim vremenskim intervalima. Ovde se izračunavaju koordinate i tačna brzina penjanja, na osnovu kose daljine od radarske antene do radio-sonde, tj. do balona (a na osnovu poznate brzine radio-signal) i na osnovu izmerenih uglova elevacije i azimuta radio-sonde. Osim toga, meri se temperatura i vlažnost u tački u kojoj se nalazi radio-sonda, a informacije se šalju radio-signalima različitih frekvencija.

Podaci dobijeni pilot-balonskim ili radio-sondažnim osmatranjem omogućavaju obradu koja obuhvata određivanje (izračunavanje) srednjeg, stvarnog i balističkog vetra.

*Srednji vetar* ( $w_{sr}$ ) je srednja vrednost brzine vetra (po intenzitetu, pravcu i smeru) u sloju koji se prostire od površine Zemlje do visine za koju se računa ta vrednost.

Stvarni vetar ( $w_v$ ) je brzina vetra (definisana intenzitetom, pravcem i smerom) određena na nekoj visini iznad Zemlje kao srednji vetar u sloju „i“ ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) čija sredina odgovara onoj visini za koju se računa stvarni vetar, tj. sloj se bira tako da jedna njegova polovina bude iznad, a druga polovina ispod ove visine.

Balistički vetar ( $w_b$ ) je računski ili fiktivna brzina vetra, stalna po pravcu, smeru i intenzitetu na celoj visini putanje, a koji na let projektila ostvaruje isti uticaj kao i realni vetar koji je promenljiv po pravcu, smeru i brzini, u slojevima u kojima se projektil zadržava neko određeno vreme  $t_i$ .

Vremensko zadržavanje projektila u slojevima u odnosu na ukupno vreme leta  $T$  koristi se kao mera uticaja određenog sloja, tj. to je tzv. težina sloja  $q_i$ , pa je balistički vetar dat formulom:

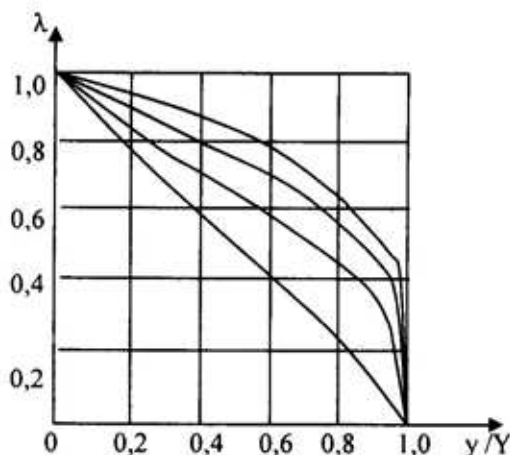
$$w_b = \sum_{i=1}^n w_i \frac{t_i}{T} \quad \text{ili} \quad w_b = \sum_{i=1}^n w_i q_i, \quad \text{gde je}$$

$$T = \sum_{i=1}^n t_i \quad (9)$$

Za težine slojeva važi jednačina:

$$\sum_{i=1}^n q_i = 1 \quad (10)$$

U opštem slučaju, težina sloja jednog meteo-poremećaja ne zavisi od veličine poremećaja, zavisi samo od karakteristika putanje (elevacije, visine kraja aktivne faze, visine temena putanje, dometa, vremena rada raketnog motora, vremena leta, itd.) i usvojene (pogodno izabrane) podele na slojeve. Takođe, za razne poremećaje (odstupanja virtualne temperature, pritiska i brzine vetra), za istu putanju, u opštem slučaju, različite su težine slojeva koje se najbolje prikazuju



Sl. 2 - Dijagram promene težine slojeva, tako-zvani  $\lambda$ -dijagram

pomoću novog parametra – promene težine slojeva  $\lambda$  (slika 2).

Za težinu sloja i njenu promenu je:

$$q_i = \lambda_{i-1} - \lambda_i \quad (11)$$

Dalje je:  $\lambda_i = \lambda_{i-1} - q_i$ ,  $\lambda_{i-1} = \lambda_{i-2} - q_{i-1}$ ,  $\lambda_{i-2} = \lambda_{i-3} - q_{i-2}, \dots, \lambda_1 = \lambda_0 - q_1$ . Kako je  $\lambda_0 = 1$ , to je:  $\lambda_i = 1 - (q_1 + \dots + q_{i-2} + q_{i-1} + q_i)$  (12)

Ako su težine slojeva određene na nepoznat način, može se lako konstruisati  $\lambda$ -dijagram na osnovu poznatih vrednosti za  $q_i$  iz relacije:

$$\lambda_i = 1 - (q_1 + q_2 + \dots + q_i) \quad \text{ili} \quad \lambda_i = 1 - Q_i,$$

$$\text{gde je: } Q_i = \sum_{k=1}^i q_k \quad (13)$$

Za određivanje vremena zadržavanja raketnog projektila u nekom sloju u aktivnoj fazi korišćene su jednačine tzv. Ojlerovog modela za proračun putanje projektila kao materijalne tačke sa tri stepena slobode:

$$m \frac{dv}{dt} = m a_p - mg \sin \theta,$$

$$m v \frac{d\theta}{dt} = -mg \cos \theta \quad (14)$$

( $m$ ,  $v$ ,  $a_p$  – masa, brzina i ubrzanje projektila,  $\theta$ ,  $g$ ,  $dt$  – ugao nagiba brzine, gra-

vitacija i diferencijal vremena) – pri čemu je zanemaren otpor vazduha, a dijagram potiska je aproksimiran pravougaonom površinom tj. srednje ubrzanje je:

$$a_p = \frac{v_M - v_0}{t_M} \quad (15)$$

gde je  $v_M$ ,  $v_0$ ,  $t_M$  – maksimalna i početna brzina rakete, vreme rada raketnog motora.

Ako se usvoji da je  $m \cdot a_p \gg mg \cdot \sin \theta$  i  $a_p \approx \text{const}$  tada je priraštaj vremena za državanja rakete u sloju „i“, ograničenog visinama  $H_i$  i  $H_{i+1}$ :

$$\Delta t_i = t_{i+1} - t_i = \frac{v_i}{a_p} + \frac{v_{i+1}}{a_p} = \frac{v_i}{a_p} + \sqrt{\frac{v_i^2}{a_p^2} + 2 \cdot \frac{H_{i+1} - H_i}{a_p \cdot \sin \theta_{T,i}}} \quad (16)$$

gde je  $t_1=0$ ,  $v_1=v_0$ ,  $\theta_1=\theta_0$ ,  $H_1=0$  (ovde su:  $\theta_{T,i}$  – ugao tetive kroz dve tačke „i“ i „i+1“ putanje rakete;  $v_i$  i  $v_{i+1}$ ,  $t_i$  i  $t_{i+1}$  – brzine i vremena leta rakete u tačkama „i“ i „i+1“ putanje). Još je:

$$\theta_{T,i} = \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2} = \frac{\theta_i}{2} + \arctg \frac{A-1}{A+1}$$

$$\text{gde je } A = \frac{1 + \lg \frac{\theta_i}{2}}{1 - \lg \frac{\theta_i}{2}} e^{-\frac{g \cdot \ln v_{i+1}}{a_p \cdot v_i}} \quad (17)$$

(gde su  $\theta_i$  i  $\theta_{i+1}$  uglovi tangenti u tačkama „i“ i „i+1“).

Najpre se približno odredi prvo  $\theta_{T,i}$ , izračuna  $v_{i+1}$  i drugo tačnije  $\theta_{T,i}$ , pa ponovo  $v_{i+1}$  i naredno  $\theta_{T,i}$  dok se ne poklopi prethodno  $\theta_{T,i}$  i naredno  $\theta_{T,i}$ , naravno – sa nekom usvojenom greškom (npr. 0,01).

Ukupno vreme kretanja raketnog projektila kroz „m“ slojeva, do kraja rada raketnog motora je  $T_m = \sum_{i=1}^m \Delta t_i$ , a težina

$$\text{sloja „i“ je } q_i = \frac{\Delta t_i}{T_m} \quad (18)$$

Da bi se mogli upotrebiti podaci iz tablica gađanja za popravku dometa i skretanja jedne određene putanje, potrebno je meteo-poremećaj (promenljiv sa visinom) zameniti jednim ekvivalentnim i konstantnim poremećajem – tzv. *balističkim poremećajem*, koji će u potpunosti imati isti uticaj na putanju kao i zamenjeni meteo-poremećaj (promenljiv sa visinom). Balistički poremećaj je u stvari fiktivni (zamišljeni) poremećaj.

### *Određivanje težine slojeva za pasivni deo putanje za biltene meteo-vatreni i meteo-srednji*

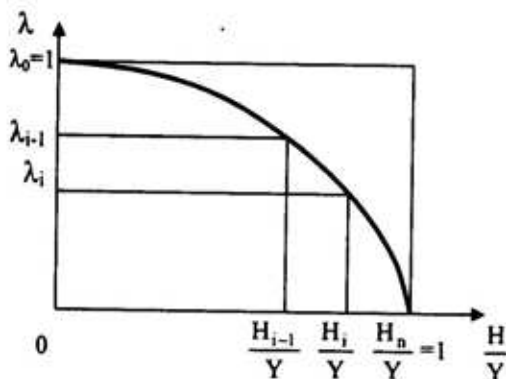
U klasičnoj artiljeriji koristi se više približnih metoda za određivanje balističkih meteoroloških poremećaja. Metoda meteo-vatreni zasniva se na parabolnoj teoriji. Pretpostavlja se da je putanja projektila parabola kao kod kosog hica (sl. 3). Metoda meteo-srednji zasniva se na aproksimaciji tačnog  $\lambda$  dijagrama pravom linijom AV (sl. 4). U oba slučaja usvojeno je: da su težine slojeva  $q_i$  proporcionalne vremenu leta (boravka) projektila u tom sloju  $t_{Mi}$  (i na penjućem i na padajućem delu putanje) i da su težine slojeva za sve meteo-poremećaje iste za jednu istu putanju.

Težina sloja „i“, ograničenog visinama  $H_i$  i  $H_{i+1}$ , za postupak obrade meteo-biltene meteo-vatreni data je formulom ( $Y$  – je ordinata temena putanje):

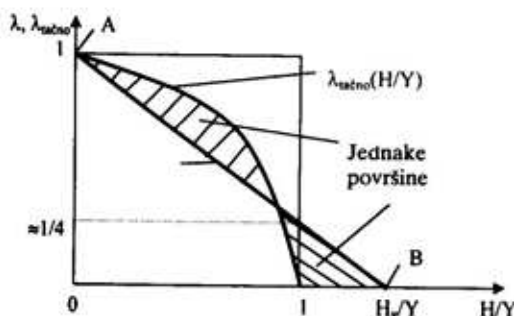
$$q_i = \sqrt{1 - \frac{H_{i-1}}{Y}} - \sqrt{1 - \frac{H_i}{Y}} = \lambda_{i-1} - \lambda_i \quad (19)$$

Uvedena je smena:

$$\lambda = \sqrt{1 - \frac{H}{Y}} \quad (20)$$



Sl. 3 –  $\lambda$ -dijagram promene težine slojeva za parabolnu putanju bez otpora vazduha



Sl. 4 – Uslovna visina „ $H_k$ “ za bilten meteo-srednji

Težina sloja „ $i$ “, ograničenog visinama  $H_i$  i  $H_{i+1}$ , za postupak obrade meteo-biltena meteo-srednji data je formulom:

$$q_i = \frac{H_i - H_{i-1}}{H_k} = \lambda_{i-1} - \lambda_i \quad (21)$$

Uvedena je smena:  $\lambda = 1 - \frac{H}{H_k}$  (prava

AB, slika 4) (22)

Uslovna visina „ $H_k$ “ za meteo-srednji data je u novijim tablicama gađanja, a određena je formulom

$$H_k = \frac{(Y_{k_t} + Y_{k_{wz}} + Y_{k_{wz}})}{3}, \quad (23)$$

gde se ordinate u zagradi odnose na uslovne visine za pojedinačne meteorolo-

ške poremećaje: virtualnu temperaturu, uzdužni i bočni vetar.

### Programsko rešenje

Ovde je izloženi matematički model, zbog ograničenog prostora, vrlo koncizno prikazan, u [1] je izložena kompletna teorija. Na osnovu izloženog matematičkog modela izrađen je računarski program PBRSO.EXE u jeziku Visual-Basic ver. 1 Pro, za DOS, koji funkcioniše na svim personalnim računarima, počev od XT računara sa procesorom 8086, pa do Pentium IV, sa DOS i Windows okruženjima.

### Obrada izmerenih meteoroloških podataka

Pre opita gađanjem, po pravilu, mere se veličine stanja atmosfere, kao što su:

- prizemni vetar i njegov pravac (anemometrom sa vetruljom), pritisak (barometrom aneroidom), temperatura i vlaga (Asmanovim psihrometrom – meri se temperatura suvog i vlažnog vazduha, a vlažnost se očitava iz odgovarajućih tablica, dok se u programu izračunava) – i sve na visini na kojoj je MS;

- nadzemni vetar i njegov pravac (merenjem uglova elevacije i azimuta pilot-balona ili radio-sonde), a u slučaju RSO još i kosa daljina do radio-sonde (merenjem vremena kretanja upadnog i odbijenog radarskog talasa), temperatura i vlaga (merenjem frekvencija temperature i vlage koje su proporcionalne otporima termistora i reostata sa membranom osetljivom na vlagu), i to u određenim vremenskim intervalima – a sve u više slojeva.

Prethodno se određuju nadmorske visine meteorološke stanice i vatrenog položaja.

Program je tipa „Visual“ tako da se rad sa njim izvodi interaktivno, korišćenjem miša i/ili tastature. Naime, svi podaci su u tabelama na ekranu, a svaki se može pojedinačno menjati, bez ponovnog unošenja ostalih podataka. Slika 5 daje izgled maske programa kada se pokrene program „PBRSO.exe“.

Okvir „METEOROLOSKI PODACI“ obuhvata sledeće parametre:

- „Visina meteo stanice“ – nadmorska visina mesta gde se postavlja meteo stanica;
  - „Visina vatreneog položaja“ – nadmorska visina mesta gde se postavlja oruđe ili lanser;
  - „Temperatura suv.vazduha“ – temperatura koja se očitava sa Asmanovog psihrometra;
  - „Temperatura vlaz.vazduha“ – temperatura koja se očitava sa Asmanovog psihrometra;
  - „Vlaznost vazduha“ – izračunava se na bazi temperatura suvog i vlažnog vazduha;
  - „Priz.pritisak vazduha“ – pritisak na mestu gde se postavlja meteo stanica;
  - „Brzina prizemnog vetra“ – brzina vetra na visini gde se postavlja meteo stanica;
  - „Pravac prizemnog vetra“ – pravac vetra na visini gde se postavlja meteo stanica;
  - „Brzina uspona PBO“ – obično je ili 180 ili 300 m/min.;
  - „Pravac gadjanja A“ – pravac po kojem je usmerena cev oruđa ili lansera.
- Okvir „BALISTICKI PODACI“ obuhvata sledeće parametre:



Sl. 5 – Maska programa PBRSO.exe (kursor „treperi“ u polju „Broj“ u okviru „BILTEN“ i očekuje se unos broja biltena)

Belo obojeno slovo u nazivima objekata, koji predstavljaju tastere, okvire ili opcije, označavaju da se ti objekti mogu aktivirati (bez upotebe miša) pritiskom tastera „Alt“ i tog slova

- „Pocetna brzina projekt.“ – brzina kojom projektil izlazi iz cevi ili lansera;
  - „Nagib-elevacija orudja E“ – nagib cevi oruđa ili lansera u trenutku opaljenja;
  - „Maksimalna brzina rakete“ – brzina rakete u trenutku prestanka rada raketnog motora;
  - „Vreme rada raketnog motora“ – vreme sagorevanja goriva u raketnom motoru;
  - „Visina kraja rada r.m. Ya“ – visina leta rakete u trenutku prestanka rada rak. motora;
  - „Visina temena putanje Y“ – najveća visina putanje projektila;
  - „Visina otvaranja projek. Yb“ – visina tačke otvaranja (rasprskavanja) projektila.
- Okvir „VREME min ELEVACIJA° AZIMUT°“ i „DALJINA m TEMPERAT° VLAGA%“ obuhvata parametre:
- „Vreme“ – vreme očitavanja elevacije/azimuta teodolita ili radara;
  - „Elevacija“ – elevacija teodolita ili radara;
  - „Azimut“ – azimut teodolita ili radara;



- „Daljina“ – kosa daljina između radara i radio-sonde.

- „Temperat.“ – temperatura koju očitava radio-sonda na visini očitavanja;

- „Vlaga“ – vlaga koju očitava radio-sonda na visini očitavanja.

Veličine stanja atmosfere za artiljerijsku normalnu atmosferu su:

- normalan pritisak – to je pritisak na nivou mora (1000 mbar);

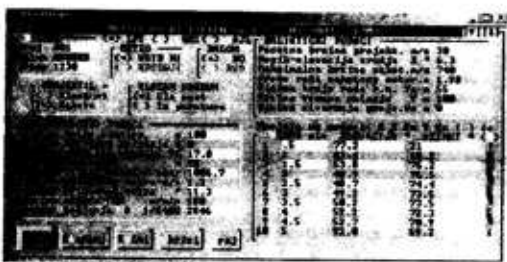
- normalna temperatura – to je temperatura suvog vazduha na nivou mora (15°C);

- normalna virtualna temperatura – to je računaska temperatura na nivou mora (15,9°C).

- normalna vlaga – to je vlažnost vazduha na nivou mora (50%).

Sada je potrebno uneti broj biltena, izabrati klikom miša ili na način objašnjen u prethodnoj napomeni, da li je bilten meteo-vatreni ili meteo-srednji i da li se atmosfera ispituje sa PBO ili RSO, pa ako postoji datoteka na disku koja odgovara ovim unetim podacima ona će se, aktiviranjem tastera „Učitaj“ (klikom miša ili taster kombinacijom „Alt U“) učitati u prazna polja maske.

Ako bilten još nije snimljen na disku, onda se „ručno“ unose podaci u pra-



Sl. 6 – Izgled ekrana računara kada se učita datoteka pilot-balona „PBO001V“ (to je pilot-balon broj 001 za meteo-vatreni)

zna polja maske programa, a „šetanje“ kursora po poljima vrši se klikom miša na prostor polja, ili tasterom „Tab“ unapred, ili kombinacijom tastera „Shift Tab“ unazad. U okvirima „VREME min ELEVACIJA ° AZIMUT °“ ili „DALJINA m TEMPERAT. °C VLAGA %“ može se uneti maksimalno 200 (dvestotine) redova podataka.

Izborom „Elevacija i azimut u 1/6000 [ ] da“ izvršava se automatski preračunavanje unetih uglovnih mera u okviru „VREME min ELEVACIJA ° AZIMUT °“ iz stepena (1/360) u ruske hiljadite (1/6000), a isključivanjem ove opcije vrši se automatsko preračunavanje u suprotnom smeru.

U grupisanoj celini „Menjaju se podaci: A E Ya Y Yo [ ] da“ izborom opcije

Prilog

### Potpuni meteorološki bilten

METEOROLOSKI BILTEN BR: 001 PBO METEO-VATRENI

DATUM: 020888 VREME: 1230

$v_m(m/s) = 2.0$   $V_o(m/s) = 30.0$   $V_m(m/s) = 740.0$   $U_b(m/min) = 180$

$H_o(mbar) = 1006.7$   $U_o(\%) = 78.0$   $W_o(m/s) = 1.3$   $A_w(o) = 11.3$

$dH(mbar) = 8.9$   $t_{sv}(°C) = 17.8$   $d_{t(°C)} = 4.3$   $Ag(1/6400) = 2846$

$Y_m(m) = 100.0$   $Y_{vp}(m) = 0.0$

METEO STVARNI

t B A Hsr Wr AWr Wx Wz

(min) (o) (o) (m) (m/s) (o) (m/s) (m/s)

0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	11.3	1.1	0.7
0.5	77.2	21.0	54.0	0.8	201.0	-0.6	-0.5
1.0	63.4	68.2	162.0	3.1	259.3	0.5	-3.1
1.5	53.8	76.2	265.5	4.1	263.2	0.9	-4.0
2.0	48.9	75.5	364.5	4.4	254.3	0.3	-4.3
2.5	48.7	74.4	463.5	3.0	250.0	-0.0	-3.0
3.0	49.2	73.5	562.5	2.6	248.3	-0.1	-2.6
3.5	50.2	73.5	659.3	2.0	253.5	0.1	-2.0
4.0	52.2	72.3	753.8	1.2	231.7	-0.4	-1.1
4.5	52.7	70.9	848.3	2.1	236.9	-0.5	-2.0
5.0	52.0	69.2	942.8	3.1	236.7	-0.7	-3.0

BALISTICKO ODSUPANJE METEO-POREMECAJA U AKTIVNOJ FAZI  
N Qo Ya Awba Wba Wzba Wzba

- (o) (m) (o) (m/s) (m/s) (m/s)

1 6.3 55.0 120.3 0.8 -0.6 0.5

BALISTICKO ODSUPANJE METEO-POREMECAJA U PASIVNOJ FAZI  
N Qo Yt Awbp Wbp Wxpb Wzpb

- (o) (m) (o) (m/s) (m/s) (m/s)

1 6.3 100.0 201.1 0.8 -0.6 -0.5

„da“ zelenom bojom će se obojiti polja čije se izmene očekuju (sl. 6). To su polja:

– „Pravac gadjanja A 1/6400“ u okviru „METEOROLOSKI PODACI“),

– „Nagib-elevacija orudja E °“ u okviru „BALISTICKI PODACI“,

– „Visina kraja rada r.m. Ya m“ u okviru „BALISTICKI PODACI“,

– „Visina temena putanje Y m“ u okviru „BALISTICKI PODACI“

– „Visina tacke otvaranja Yo m“ u okviru „BALISTICKI PODACI“.

Za ove izmenjene vrednosti proračunavaju se balistički podaci, za isti bilten, i dopisuju posle trenutno već obrađe-

nih balističkih podataka, u istom biltenu. Ovako dopisanih podataka može biti maksimalno 10.

U prilogu rada dat je jedan primer potpunog meteorološkog biltena čija je maska programa data na sl. 6.

#### Literatura:

- [1] Matić, Lj.: Meteorološka merenja i obrada meteoroloških podataka o stanju atmosfere za potrebe poligonskih gadanja, kumulativna naučnotehnička informacija 2 /2002.
- [2] Viličić, J.; Gajić, M.: Balistika, Split 1979.
- [3] Janković, S.: Spoljna balistika, Beograd, 1977.
- [4] Savkin, L. S.; Lebedev, B. D.: Метеорология и стрельба артиллерии, Москва, 1974.
- [5] Vaisala Upper-Air System Automatic Meteorological Measurement, Helsinki 1986.