# Súčasný stav skúmania presnosti paľby

Každý z výstrelov je sprevádzaný určitou vlastnou chybou. Sústavu chýb delostreleckej paľby tvorí súhrn náhodných odchýlok bodov dopadu striel od stredu cieľa alebo od zámerného bodu. V praxi sa namiesto pravdepodobná odchýlka používa pravdepodobná chyba. Táto sústava chyb má normálové rozloženie. Tento súhrn tvoria tieto chyby :

* chyba výstrelu dela
* chyba prípravy prvkov
* chyba rozptylu

## Chyby výstrelu dela

Náhodná chyba výstrelu Δ chyba pri výstrele z akejkoľvek delostreleckej zbrane v konkrétnych podmienkach na stred cieľa. Táto chyba je skúmaná v smere streľby X a v kolmom smere na tento smer Z, tvoria 2 skupiny náhodných chýb – prípravy prvkov a rozptylu . (Tieto jednotlivé chyby sú rozpísané v kapitolách 1.2 a 1.) Preto platí vzťah :

[1] Δ = +

Chyba výstrelu v diaľke je charakterizovaná ako súčet chyby prípravy prvkov v diaľke a chyby rozptylu v diaľke. [2] A chyba výstrelu v smere je definovaná ako súčet chyby prípravy prvkov v smere a chyby rozptylu v smere.[3]

[2]

[3]

Pričom:

* Chyba v diaľke je označovaná ako x

je chyba výstrelu v diaľke

je chyba prípravy prvkov v diaľke

je chyba rozptylu v diaľke

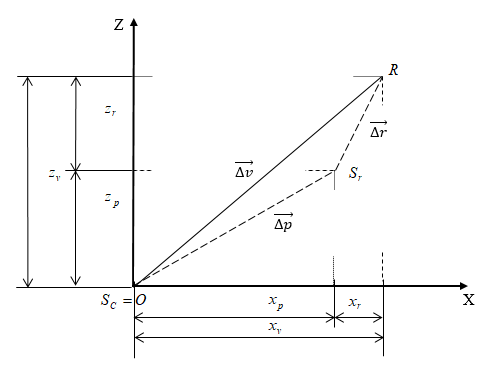
* Chyba v smere je označovaná ako z

je chyba výstrelu v smere

je chyba prípravy prvkov v smere

je chyba rozptylu v smere

Tieto jednotlivé vzťahy sú znázornené na obrázku 1.



obrázok 1 Chyby výstrelu

Ako už bolo spomínané, náhodné chyby prípravy prvkov a náhodné chyby rozptylu majú normálové rozloženie. Tieto chyby sú tiež navzájom nezávislé. Hustotu pravdepodobnej náhodnej chyby prípravy prvkov vypočítame pomocou vzorca [4]:

[4]

Pričom :

Exp , Ezp  je pravdepodobná chyba prípravy prvkov v diaľke a smere, ktoré charakterizujú presnosť prípravy prvkov na streľbu

xp , zp je náhodná chyba prípravy prvkov v diaľke a v smere

Hustota pravdepodobnosti náhodnej chyby rozptylu je vyjadrená vzorcom [5] :

[5] f () =

Pričom:

Od , oš je pravdepodobná chyba rozptylu v diaľke a v smere

xr , zr je náhodná chyba rozptylu v diaľke a v smere

Hustota pravdepodobnosti chyby výstrelu [6] sa vypočíta podobným vzorcom a to :

[6]

Pričom :

Exv , Ezv  pravdepodobná chyba výstrelu v diaľke a v smere

xv , zv náhodná chyba výstrelu v diaľke a v smere

Sústavu chýb delostreleckej paľby vedenej jedným výstrelom z dela charakterizujú tieto veličiny :

* Očakávaná hodnota chyby výstrelu

Chyby výstrelu sú systematicky rozložené okolo elementárneho cieľa, na ktorý boli určované prvky pre streľbu. (str.62 citácia). Ak cieľ stanovíme ako začiatok súradnicovej sústavy tak očakávaná hodnota chyby výstrelu je 0 , čo znamená :

[7] M(xv) = M(zv)= 0

* Pravdepodobné chyby výstrelu

Chyby výstrelu v diaľke pri zjednodušenom označení vypočítame ako odmocninu zo súčtu umocnenej na 2 pravdepodobnú chybu prípravy v diaľke a umocnenej na druhú pravdepodobnú chybu rozptylu v diaľke . Chybu výstrelu v smere vypočítame rovnako len hodnoty v diaľke vymeníme za hodnoty v smere

[8]

[9 ]

* Korelačné koeficienty chýb výstrelu

Tak ako už bolo spomínané chyby výstrelu v diaľke a v smere sú na sebe nezávislé. To znamená , že pri chybe výstrelu v diaľke nemusí nastať chyba v smere a opačne. V teórií streľby je korelačný koeficient rovný vzťahu :

[10] r (xv , zv) = 2 . ρ2 . , keďže tak aj r (xv , zv) = 0

## Chyba rozptylu

Náhodná chyba rozptylu náhodne odchyľuje bod doletu strely R od stredu rozptylu S , i v diaľke i v smere. Táto chyba je neopakujúcou , pretože pri každom výstrele sa mení zmysel a veľkosť. Príčiny rozptylu sa spravidla rozdeľujú do troch skupín.

Do prvej skupiny sa zaraďujú príčiny, ktoré majú vplyv na kolísanie začiatočnej rýchlosti jednotlivých striel. Patria k nim najmä drobné odchýlky hmotnosti striel, teploty prachových náplní, ich chemických vlastností, odchýlky v dorážaní striel pri nabíjaní, rôzne vedenie strely v opotrebovanej hlavni a iné. (str. 69 citacia)

Do druhej skupiny sa zaraďujú príčiny, ktoré spôsobujú kolísanie uhla výstrelu a odmeru. Zaraďujú sa tu náhodné chyby nastavenia diaľky, libely a strany, spôsobené nepresnosťou mieridiel, rozptylom uhla zdvihu a bočným posunom hlavne pri výstrele. (str.69 citácia)

Do tretej skupiny sa zaraďujú príčiny, ktoré spôsobujú kolísanie podmienok letu strely na dráhe po opustení hlavne. Tu sa zaraďujú rôzne dodatočné pôsobenia plynov na strelu v okamihu, keď strela opúšťa hlaveň, rôzne odchýlky od rozmerov a tvaru strely a zapaľovača, rozdiely v polohe ťažiska strely, opracovaní jej povrchu, drobné zmeny v homogénnosti prostredia, v ktorom strela letí a iné. (str. 69 citácia)

Všetky uvedené skupiny náhodných chýb pôsobia spoločne, v náhodnej kombinácii a ich výslednicou je náhodná chyba rozptylu. Číselné hodnoty pravdepodobných chýb rozptylu v diaľke, v smere i výške sa v delostreleckej praxi nazývajú pravdepodobné odchýlky v diaľke, v smere a vo výške a sú pre každý delostrelecký zbraňový komplet uvedené v príslušných tabuľkách streľby.

## Chyby prípravy prvkov

Náhodná chyba prípravy prvkov náhodne odchyľuje stred rozptylu S , od stredu cieľa Sc v diaľke i smere. Pri skupine za sebou idúcich výstrelov , ktoré boli vystrelené rovnakými prvkami pri rovnakých podmienkach má náhodná chyba rovnaký zmysel a približnú veľkosť.

Neoddeliteľnou súčasťou určovania prvkov pre streľbu úplnou prípravou je výskyt náhodných chýb. Náhodné chyby topografických prvkov sú dôsledkom náhodných chýb v určovaní súradníc a nadmorských výšok cieľa i palebného postavenia, orientácie diela do HS a nepresnosťou použitých metód. (str. 79 citácia)

Hypotézy náhodných chýb prípravy prvkov

* Náhodné chyby prípravy prvkov majú normálne rozloženie s nulovými očakavanými hodnotami
* Náhodné chyby prípravy prvkov v diaľke a v smere sú vzájomne nezávislé
* Zdroje chýb úplnej prípravy :
* Chyby v určení polohy cieľa xc, zc
* Chyby pripojenia a zamierenie dela x**G**, z**G** , z**OR**
* Chyby meteorologickej prípravy xp , zp
* Chyby balistickej prípravy x**B**,
* Chyby technickej prípravy x**T** , z**T**
* Chyby tabuliek streľby x**TS** , z**TS**
* Chyby metódy určovania prvkov streľby x**M** , z**M**
* Celková náhodná chyba prípravy prvkov je tvorená týmito skupinami :
* V diaľke

[11] x= xc + x**G** + xp + x**B** + x**T** + x**TS** + x**M**

* V smere

[12] z= zc + z**G** + z**OR** + zp + z**T** + z**TS** + z**M**

Opakujúce sa chyby prípravy prvkov sú charakterizované týmito číselnými charakteristikami :

* Očakávaná hodnota chyby prípravy prvkov – zámerný bod je totožný so stredom cieľa, preto očakávaná hodnota chyby prípravy prvkov je M(xp) = M(zp) = 0
* Korelačné koeficienty prípravy prvkov – keďže chyby prípravy prvkov v diaľke a v smere sú navzájom nezávisle tak potom korelačné koeficienty prípravy prvkov sú rovné 0 ; r(xp) = r (zp) = 0
* Pravdepodobné chyby prípravy prvkov – sú tvorené čiastkovými náhodnými chybami úplnej prípravy
* V diaľke

[13] Ex =

* V smere

[14] Ez =

Pričom :

pravdepodobná chyba určovania súradníc cieľa v diaľke i v smere

pravdepodobná chyba pripojenie dela v diaľke i v smere

pravdepodobná chyba orientácie dela v smere

pravdepodobná chyba meteorologickej prípravy v diaľke i v smere

pravdepodobná chyba balistickej prípravy v diaľke

pravdepodobná chyba technickej prípravy v diaľke i v smere

pravdepodobná chyba tabuliek strelieb v diaľke i v smere

pravdepodobná chyba metódy určenia prvkov v diaľke i v smere

Tieto jednotlivé čiastkové chyby vieme sledovať oddelenie, tak preto výpočet hodnôt tých čiastočných náhodných chýb prípravy prvkov bude jednoduchšie.

Pre výpočet pravdepodobnej chyby určovania súradníc cieľa budeme používať vzťah:

[15]

[16]

Pričom:

pravdepodobná chyba určenia súradníc cieľa v diaľke a v smere

pravdepodobná chyba určenia nadmorskej výšky cieľa

uhol doletu strely

Hodnota chyby určenia súradníc cieľa v diaľke a v smere i určenia nadmorskej výšky cieľa závisí od spôsobu, prostriedkoch a podmienok, v ktorých bol prieskum vykonaný.

Na určenie presnosti zakreslenia polohy význačných bodov a vrstevníc na mape (Tabuľka 1) sa používajú stredné (kruhové) chyby.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Druh a mierky máp | Stredná chyba | |
| Polohy význačného  bodu(m) | Výšky vrstevníc v rovinatom a pahorkovitom teréne (uhol svahu do 6°) (m) |
| Topografické mapy: | | |
| 1:25 000 | 15 | 2 |
| 1:50 000 | 30 | 4 |
| 1:100 000 | 50 | 6 |
| Mapa geodetických a geofyzikálnych údajov 1:50 000, resp. Katalóg súradníc geodetických bodov (KSGB) | 20 | 4 |

Tabuľka 1: Presnosť zakreslenia polohy význačných bodov a vrstevníc na mape

Pravdepodobné chyby pripojenia palebného postavenia dela v diaľke i v smere sa vypočíta pomocou :

[17]

[18]

Pričom:

pravdepodobná chyba určenia súradníc palebného postavenia v diaľke i v smere

pravdepodobná chyba určenia nadmorskej výšky palebného postavenia

Hodnota chyby pripojenia palebného postavenia dela v diaľke a v smere i určenia nadmorskej výšky cieľa závisí od spôsobu, prostriedkoch a podmienok, v ktorých bol prieskum vykonaný.

Na určenie presnosti topograficko-geodetického pripojenia (Tabuľka 2) a sa používajú stredné (kruhové) chyby.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Por.č. | Určovanie hodnoty spôsoby práce | Stredné chyby | Poznámka |
| 1. | Určovanie súradníc | | |
| a)pri geodetickom pripojení  1.pomocou teodolitu  2.pomocou buzoly | 3-5m  8-10m |  |
| b)Pri topografickom pripojení pomocou topografického pripojovača (pochodová os 3km) alebo pomocou prístroja (polygónový ťah do 3km)  1.pri použití mapy geodetických a  geofyzikálnych údajov v  mierke 1:50 000  2.pri použití mapy (letecké snímky) 1:50 000  3. pri použití mapy v mierke 1:100 000 | 15m  25m  40m |  |
| 2. | Určenie nadmorskej výšky | | |
| a)pomocou prístrojov | 5m |  |
| b)podľa mapy v rovinatom a kopcovitom teréne | 5-10m |  |
|  | Určenie smerníkov orientačných smerov: | | |
| a)geodetickou orientáciou  1.pomocou teodolitu  2.pomocou buzoly PAB-2A | 0,15´V  0,003´V | n je počet meraných uhlov |
| b)gyroskopickou orientáciou  1. 1G9:  1.1 z troch bodov revízie  1.2 z dvoch bodov revízie  2. 1G11:  2.1 z troch bodov revízie  2.2 z dvoch bodov revízie  3. 1G5:  3.1 zo štyroch bodov revízie  3.2 z dvoch bodov revízie  4. 1G17 Stredná kvadratická chyba určenia astronomického azimutu | 20´´  40´´  0-00,2  0,00,3  1,0´  1,5´  do 30´´ |  |
| c)astronomickou orentáciou  1.pomocou teodolitu  2.pomocou buzoly PAB-2A | 1,0´  0-01 | dve pozorovania  dve pozorovania |
| d)pomocou magnetky buzoly v oblastiach bez magnetických anomálií a v okruhu do 10km od miesta určenia opravy buzoly | 0-04 |  |
| e)pomocou zotrvačníkového kompasu GAK topografického pripojovača (do 1h od okamžiku orientovania na východiskovom bode ) | 0-06 |  |
| f)orientácia podľa význačných bodov mapy (leteckej snímky ) |  | m je vzdialenosť na mape (cm) |

Tabuľka 2 : Stredné hodnoty základných spôsobov topograficko-geodetických prác

Pravdepodobná chyba orientácie dela v smere je daná vzťahom :

[19]

Pričom:

topografická diaľka streľby

Pravdepodobná chyba určenia smerníka orientačného smeru

Veľkosť pravdepodobnej chyby určenia smerníka orientačného smeru závisí na spôsoboch orientácie , použitých prostriedkoch a presnosti východiskových údajov.

Pravdepodobné chyby meteorologickej prípravy v diaľke a v smere sa určujú pomocou vzorca:

[20]

[21]

Pričom:

tabuľková oprava diaľky pre pozdĺžny vietor

tabuľková oprava diaľky pre zmenu teploty vzduchu

tabuľková oprava diaľky pre zmenu tlaku vzduchu

pravdepodobná chyba určenia pozdĺžnej zložky balistického vetra

pravdepodobná chyba určenia teploty vzduchu

pravdepodobná chyba určenia prízemného tlaku vzduchu

tabuľková oprava smeru pre priečny vietor

pravdepodobná chyba určenia priečnej zložky balistického vetra

Veľkosť pravdepodobných chýb meteorologickej prípravy závisí na chybách určenia pozdĺžnej a priečnej zložky balistického vetra na pasívnom úseku dráhy (PUD), teploty vzduchu a prízemného tlaku vzduchu. Tieto chyby sú tvorené chybami použitých prístrojov, chybami spracovania výsledkov merania, chybami metódy a chybami vyplývajúce zo zastarania a z miesta merania.

Pravdepodobná chyba balistickej prípravy v diaľke , je určená vzorcom:

[22]

Pričom:

tabuľková oprava diaľky pre zmenu počiatočnej rýchlosti dela

tabuľková oprava diaľky pre zmenu teploty náplne

pravdepodobná chyba určenia celkovej zmeny počiatočnej rýchlosti

pravdepodobná chyba určenia odchýlky teploty náplne

Hodnoty pravdepodobnej chyby balistickej prípravy závisia od chyby určenia odchýlky teploty náplne, chyby metódy a od chyby, spôsobenej nevylúčením všetkých balistických charakteristík strely.

Pravdepodobná chyba technickej prípravy je daná vzťahmi:

[23]

[24]

Pričom:

tabuľková hodnota jedného dielca v metroch

pravdepodobná uhlová chyba rektifikácie zameriavača v zvislej rovine

pravdepodobná uhlová chyba rektifikácie zameriavača vo vodorovnej rovine

Pri technickej príprave delostreleckých zbraňových systémov sa vykonáva rektifikácia zameriavača, určenie a započítanie opravy pre nesúhlas elevačných uhlov a opravy pre vychýlenie zámernej (citácia str. 88)

Pravdepodobné chyby tabuliek streľby v diaľke a v smere sú dané vzťahmi :

[25]

[26]

Pričom:

Z tabuľková hodnota derivácie v dielcoch

Tabuľky streľby sú základnou pomôckou na určovanie prvkov streľby. Hľadáme v nich všetky tabuľkové koeficienty. Chyby tabuliek streľby sú závislé na metóde a podmienkach tabuliek streľby.

Pravdepodobné chyby použitej metódy na prípravu prvkov v diaľke a v smere vyplývajú zo vzťahov:

[27]

[28]

Pričom:

pravdepodobná chyba grafických prác na prístroji riadenia paľby (PUO) v diaľke a v smere

Veľkosť pravdepodobných chýb použitej metódy sú ovplyvnené chybami spôsobenými zaokrúhľovaním, chybami grafických prác pri použití PUO a chybami spôsobenými používaním grafikonu vypočítaných opráv.