

Střelba malorážné zbraně na vzdušné cíle.

Letadlo jako cíl se pohybuje v prostoru čtyřrozměrném. K řešení jeho polohy je proto třeba čtyř souřadnic. Jsou to obvyčejně: dálka, polohový úhel, rychlost a směr letu cíle. Souřadnice převádí obsluha zbraně na t. zv. prvky střelby. Čím větší přesnost střelby se vyžaduje, tím přesněji musí být dány souřadnice a tím přesnější musí být také převod. U moderní protiletadlové velkorážné jednotky se měří souřadnice velmi výkonnými výškoměry o značné několikametrové základně a převádějí se v prvky střelby přesnými počítacími stroji v ústředí jednotky. Prvky jsou buď veleny nebo přímo mechanicky přenášeny na mechanismus jednotlivých děl. U malorážných zbraní zjišťuje obsluha většinou odhadem, zda cíl je v okruhu účinnosti jednotky, a prvky střelby nastaví pak samostatně proložením záměrné na zvlášť upraveném jednoduchém zaměřovacím zařízení.

Každá protiletadlová zbraň má svůj okruh účinnosti. Je dán určitou pravděpodobností zásahu. V tomto okruhu jsou hluché prostory, a to: hluché kuzele, které vznikají proto, že zbraň dosáhne jen určité elevace, nebo že nelze proložit záměrnou při určité elevaci, a hluchý prostor, který vznikne, jakmile je úhlová rychlost letadla větší než úhlová rychlost odměrového a náměrového mechanismu zbraně.

Tento hluchý prostor se vyskytuje u zbraní velkých ráží a musí být proto ovládán zbraněmi malých ráží, které mají úhlovou odměrovou a náměrovou pohyblivost značně větší. Úhlová rychlost letadla jako cíle těchto zbraní bude tedy veliká, a proto bude mít obsluha velmi málo času na měření a přesné nastavování prvků střelby, neboli pracovní doba musí být minimální.

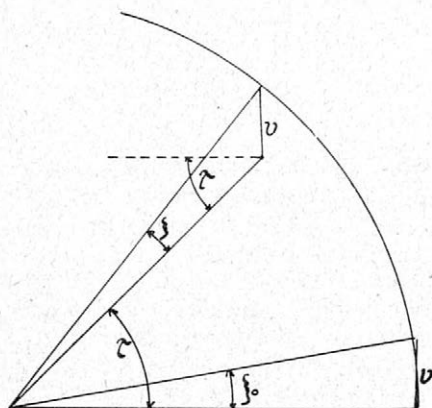
Souřadnice směr a rychlost cíle vyhodnocují často protiletadlová miřidla malorážných zbraní principem homotetických trojúhelníků. Středem homotetie jest oko střelce, skutečnými stranami pak

$$s_1 = v \cdot t, \quad s_2 = v \cdot t$$

(v rychlost letadla, v střední rychlost střely, t doba letu střely).

Střední rychlost střely (v) jest závislá na dálce a záměrném úhlu střelby, rychlost letadla (v) může být případ od případu různá. Proto vzniká při různých střelbách velký počet homotetických útvarů v rozsahu, který zhruba je určen minimální a maximální rychlostí letadla. Prokládá-li střelec při střelbě plynule tyto homotetické trojúhelníky, vznikají palébné přehraďy. Ve skutečnosti je tento způsob palby úmyslným zvětšením šířkového rozptylu, a to tak, aby vznikla určitá pravděpodobnost, že cíl je v rámci šířkového rozptylu. (Při střelbě na pevný cíl bychom zvětšili šířkový rozptyl rozsevem.)

Dálka a polohový úhel cíle se vyhodnotí záměrným úhlem střelby. Jednoduchý způsob závislosti záměrného úhlu na polohovém je princip Guinův. Konstruktivně je velmi snadný. (Obr. 1.)



Obr. 1.

$$\frac{v}{\sin \xi} = \frac{k}{\cos \tau}$$

$$\frac{v}{\sin \xi_0} = k$$

$$\frac{\sin \xi_0}{\sin \xi} = \frac{1}{\cos \tau}; \sin \xi = \sin \xi_0 \cdot \cos \tau$$

Závislost záměrného úhlu na polohovém až do t. zv. neutrální křivky ($\xi = \xi_0$, nebo $0\tau = 0$) probíhá opačně než závislost Guinova, to znamená, že se záměrný úhel zvětšuje. Od neutrální křivky do polohového úhlu 1600 dc její průběh je podoben uvedené rovnici.

Závislost záměrného úhlu na dálce se často neřeší a používá se konstantního úhlu pro všechny dálky.

Střelec používající zaměřovače sestrojeného na podkladě těchto dvou zásad dopouští se v řešení záměrného úhlu chyby, která vzniká z těchto příčin:

- | | |
|----------------------|------------|
| a) rozptylem zbraně | (chyba R), |
| b) špatným zaměřením | (chyba D), |
| c) chybou zaměřovače | (chyba Z). |

Svazek drah rozptylu zbraně může být výškově uchýlen od skutečné výšky cíle o chybu vzniklou příčinami D a Z. Její velikost se rovná $\sqrt{D^2 + Z^2}$. Abychom měli určitou pravděpodobnost, že svazek drah rozptylu ještě zasáhne skutečnou výšku cíle, je nutno, aby R (rozptyl zbraně) $\geq \sqrt{D^2 + Z^2}$. Touto rovnicí je dán účinný okruh zbraně opatřené zaměřovačem sestrojeným na principu Guinově. Zaměřovač se nemá v řešení záměrného úhlu dopustit větší chyby než

$$Z \leq \sqrt{R^2 - D^2}.$$

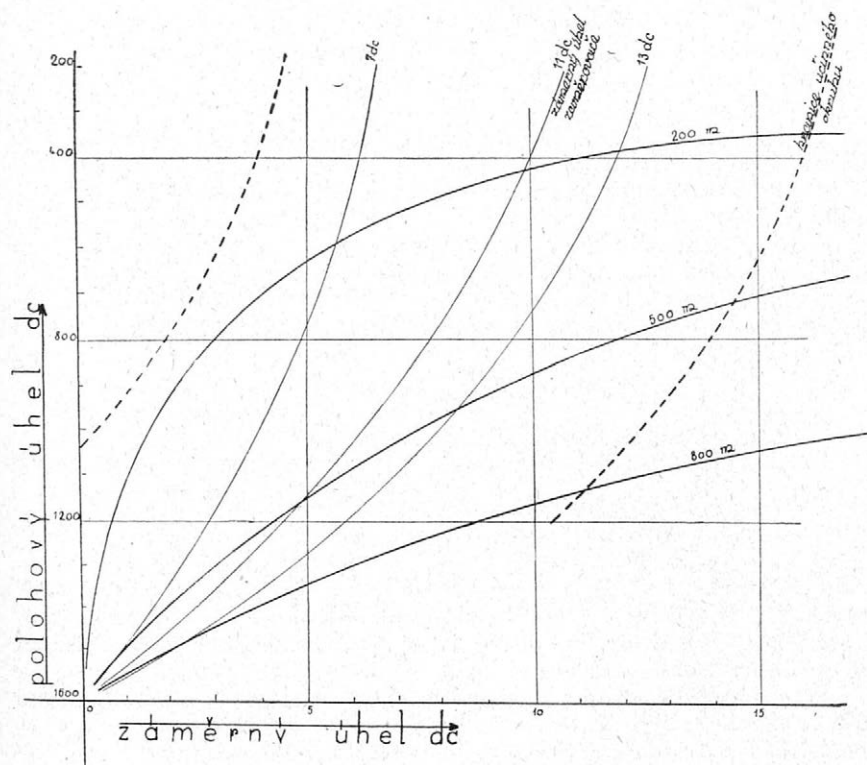
Kdyby kinetická energie střely v účinném okruhu takto stanoveném byla menší než taková, jaké je potřebí k vyřazení cíle, byl by účinný okruh dán kinetickou energií střely.

Příklad: Rozptyl zbraně (4 ú.) do dálky 1000 m nechť je průměrně 10 dc. Střelec nechť se dopouští průměrné chyby v zaměření 8 dc (4 ú.). Tato chyba je způsobena hlavně hrubými mířidly a cílem rychle se pohybujícím. Chyba zaměřovače nemá být tedy větší než

$$Z \leq \sqrt{R^2 - D^2} = \sqrt{100-64} = \sqrt{36} = 6 \text{ dc.}$$

Při jakých polohových úhlech a dálkách cíle dopouštíme se této maximální chyby, zjistíme třeba graficky.

V souřadném systému $X = \text{záměrný úhel}$, $Y = \text{polohový úhel}$ cíle sestojíme závislost záměrného úhlu na polohovém pro stejnou výšku cíle (letadlo nemění výšku). Do tohoto systému vkreslíme též závislost Guinovu $\sin \xi = \sin \xi_0 \cdot \cos \tau$ (pro $\xi_0 = 7, 11, 13$ dc). Volme konstantní úhel zaměřovače $\xi_0 = 11$ dc. Přípustné maximální chyby zaměřovače pak budou křivky rovnoběžné s křivkou 11 dc, vzdálené od ní o 6 dc úhlu záměrného. Tuto mez lze snadno převést do souřadného systému výška a horizontální dálka cíle, abychom si lépe představili mez možnosti zásahu. Z uvedeného grafu je jasné, že je možno tento okruh snadno zvětšiti buď konstrukcí zaměřovače nebo vhodným způsobem zamíření. (Obr. 2.)



Obr. 2.

Známe-li rozměry plochy O , která může být kdekoli zasažena, a rozměry cíle C , který přes tuto plochu přechází, bude pravděpodobnost, že cíl bude zasažen, rovna

$$P = \frac{C}{O}.$$

Budeme uvažovat o jednoduchých řezech zasažitelného prostoru a vltálních částí cíle rovinou svislou, proloženou směrem letu. Svislá poloosa zasažitelné plochy bude:

$$a_{dc} = \sqrt{R^2 + D^2 + Z^2} = \sqrt{100 + 64 + 36} = \sqrt{200} = 14 \text{ dc.}$$

Vodorovná osa řezu b_{dc} je rozdíl největšího a nejmenšího úhlu ve vrcholu homotetických trojúhelníků. Na př. $b_{dc} = 160 - 80 = 80$ dc (předstih odpovídající maximální a minimální rychlosti letadla).

Cíl se pohybuje po průsečnici roviny svislé v délce 300 m a vodorovné ve výšce 400 m rychlostí $v_e = 60$ m/sek. Do účinného okruhu vchází pod polohovým úhlem asi 600 dc v dálce asi 700 m a pod těmito prvky též z něho vychází. Plocha průmětu vitálních částí cíle do roviny letu bude 5 m².

Střední dálka střelby v účinném okruhu je asi 600 m (nejmenší 500, největší 700 m). Na tuto dálku je:

$$a_m = 0'6 \cdot a_{dc} = 0'6 \cdot 14 = 84_m, \quad b_m = 0'6 \cdot 80 = 48 \text{ m}$$

$$O = 2 a \cdot b = 16'8 \cdot 48 = 800 \text{ m}^2 \text{ (zhruba).}$$

Pravděpodobnost zasažení cíle v účinném okruhu bude

$$P_1 = \frac{5}{800} = 0'00625.$$

Cíl bude však postřelován též mimo účinný okruh, a to na dráze, jejíž délka je závislá na chybě, které se dopustí střelec (velitel) při odhadu délky cíle. Předpokládejme, že pravděpodobná úchylna této chyby je 15% skutečné délky. V našem případě by polovina střelců zahájila a skončila palby mezi dálkami střelby 800 a 600 m, druhá polovina by zahájila a skončila palby za těmito mezemi.

Dráha cíle v účinném okruhu je asi 1000 m. Pravděpodobná dráha, kdy letadlo bude postřelováno, je asi 1700 m. Pravděpodobnost, že letadlo bude postřelováno účinně, bude

$$P_2 = \frac{1000}{1700} = 0'6.$$

Pravděpodobnost zásahu cíle klesne na

$$P = P_1 \cdot P_2 = 0'00625 \cdot 0'6 = 0'00375.$$

Spotřeba střeliva na uskutečnění jednoho zásahu pak bude:

$$\frac{1}{P} = 270 \text{ ran.}$$

Cíl uletí dráhu 1700 m za $\frac{1700}{60} = 28$ sek. Zbraň s rychlostí střelby 4 rány sek. vypálí na něj celkem $28 \cdot 4 = 112$ ran. Stačí tedy 3 zbraně, aby dosáhly jednoho zásahu.

Pravděpodobnost zásahu klesá rychleji se čtvercem délky střelby. Cíl, který se pohybuje po průsečnici roviny vodorovné ve výšce voleného případu a roviny svislé v dálce 600 m, bude potřebovat více než $4 \cdot 270 = 1080$ ran na jeden zásah. S uvedenou rychlostí střelby bude potřeba více než 9 zbraní k splnění úkolu.

Pravděpodobnost zásahu lze asi zvětšit:

- a) zmenšením vodorovné osy b postřelovaného prostoru (volit maximální a minimální předstih v užších hranicích, ovšem v rámci takové chyby, aby cíl skutečně šířkově prošel svazkem drah rozptylu),
- b) zvětšením účinného okruhu vhodným proložením záměrné, aby cíl co možná nebyl postřelován bez určité pravděpodobnosti zásahu.

Všechny chyby v uvedeném příkladě jsou voleny náhodně.