

Nadporučík děl. Karel M o r a v:

Balonové rayonování bez světlozvuku.

Balonové rayonování bez světlozvuku, uvedené v Děl. rozhledech čís. 7—8/1936, založil jsem na konstrukci dvou elips zcela vědomě a po důkladném uvážení. Autor článku v DR. čís. 11/1936 hrozí se konstrukce elips, zapomínaje, že narýsování elipsy je nyní asi takovým problémem jako narýsování kružnice. Aby se elipsám vyhnul, zkomplikoval autor úlohu neobyčejně. V tom tvaru není právě vhodná pro potřeby armády, kde ji bude provádět mužstvo balonové ústředny, z něhož mnohý nemá vzdělání ani nižší střední školy. Též čas, potřebný ke konstrukci cílové

přímky podle takto zkomplikované úlohy neodpovídá požadavku co nejkratšího dodání zpravodajského hlášení.

Aby kterýkoliv úkon měl ve vojsku svoje oprávnění, musí být prostředky a pomocné práce k němu vedoucí jednoduché, vylučující každé uvažování a z toho plynoucí možnost omylů a chyb. To platí ve zvýšené míře pro úkony, které koná voják, pověřený prací, často jeho vzdělání neúměrnou. Není proto zdrávo jednoduché věci dělat složitějšími.

V dalších řádcích navazuji na svůj článek z čís. 7—8/1936 Děl. rozhledů. V tomto článku chci naznačit způsob, jak možno balonové rayonování bez světlozvuку zkrátit tím, že se na vyhodnocovacím plánu budou kreslit jen nejnútnejší čáry, potřebné k narýsování elips. Elipsy pak se rýsují jednoduše elipsografem. Okotování cílových přímek a zjištění cíle v terénu zůstává beze změny.

K nutné znalosti polohy elipsy (zjednodušení vysvětlím pro odměrný bod O_1 podle obrázku 2 ze svého prvního článku) je třeba znát topografickou dálku balon—střed elipsy ($BS_1 = d_1$), pak velkou poloosu elipsy a a malou poloosu b . Budeme-li tyto tři hodnoty znát, nanese topografickou dálku d_1 na spojnici balon—odměrný bod do středu elipsy S_1 , od něho pak malou poloosu b , na kolmici středem S_1 velkou poloosu a a elipsa je tím určena.

Pro d_1 , a , b platí vztahy (viz obr. 2 článku z čís. 7—8/1936):

$$\begin{aligned} d_1 &= d \cdot \cos \alpha \cdot \cos \sigma, & \dots & \dots & \dots & 1 \\ a &= d \cdot \sin \alpha, & \dots & \dots & \dots & 2 \\ b &= d \cdot \sin \alpha \cdot \sin \sigma, & \dots & \dots & \dots & 3, \end{aligned}$$

kde d je libovolně zvolená dálka prostorová, $\alpha \dots$ měřený prostorový úhel od odměrného bodu na cíl, $\sigma \dots$ polohový úhel balonu proti odměrnému bodu.

Aby nebylo třeba z hodnot a a b hledat polohu ohnisk elipsy s pomocí kružítka, zjistíme excentricitu $e = S_1 F_1 = S_1 F_2$ počteně ze vzorců 2 a 3:

$$e = \sqrt{a^2 - b^2} = d \cdot \sin \alpha \cdot \cos \sigma \quad \dots \quad 4.$$

Pracujeme-li na plánu měřítka M (na př. 1:25.000) a volíme-li d v km, budou hodnoty d_1 , b , e v milimetrech:

$$\begin{aligned} d_{1mm} &= 10^6 \cdot M \cdot d_{km} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \sigma, & \dots & \dots & \dots & 1' \\ b_{mm} &= 10^6 \cdot M \cdot d_{km} \cdot \sin \alpha \cdot \sin \sigma, & \dots & \dots & \dots & 3' \\ e_{mm} &= 10^6 \cdot M \cdot d_{km} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \sigma, & \dots & \dots & \dots & 4' \end{aligned}$$

A pro tyto tři vzorce možno si sestavit jediný společný nomogram. Abychom se vyhnuli rýsování křivek nomogramu o binární stupnici a ne snadné interpolaci mezi křivkami, volil jsem spojnicový tvar nomogramu se stupnicemi na jednoduchých čarách. Způsob nomogramu, který jsem volil, vyžaduje však k zjištění hledaných hodnot ještě malého početního úkonu. Tato zdánlivá nevýhoda nomogramu je vyvážena jinými jeho přednostmi, jak čtenáři z dalšího výkladu vyplynou. Princip nomogramu uvedu na jeho složkách.

Rozsah proměnných volím tento:

- a) $\dots \dots \dots 0 < \alpha < 2400,$
- b) $\dots \dots \dots 0 < \sigma < 1200,$
- c) K_1 pro měřítko 1:25.000 od 0 do 40,
- „ „ 1:20.000 od 0 do 50.

A. Nomogram pro d_1 .

Rovnici 1' dělíme d a podíl $\frac{d_1}{d}$ nazvěme K_1 ; tím vznikne vztah:

$$K_1 = 10^6 \cdot M \cdot \cos \alpha \cdot \cos \sigma, \dots \dots \dots 5,$$

pro který sestrojíme nomogram. Tento vztah upravíme na výraz

$$-\cos \alpha \cdot \cos \sigma + \frac{K_1}{10^6 \cdot M} = 0, \dots \dots \dots 5'$$

v němž M považujeme za konstantu. Srovnáme jej s kanonickým tvarem

$$f_1 \cdot \varphi_2 \cdot \varphi_3 + g_1 (\varphi_2 + \varphi_3) + h_1 = 0,$$

který píšeme v tvaru determinantu

$$\begin{vmatrix} f_1 & g_1 & h_1 \\ 1 & -\varphi_2 & \varphi_2^2 \\ 1 & -\varphi_3 & \varphi_3^2 \end{vmatrix} = 0,$$

položíme-li: $f_1 = 1$, $\varphi_2 = -\cos \alpha$, $\varphi_3 = \cos \sigma$, $g_1 = 0$, $h_1 = \frac{K_1}{10^6 \cdot M}$, můžeme psát rovnici 5' v tvaru:

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & \frac{K_1}{10^6 \cdot M} \\ 1 & \cos \alpha & \cos^2 \alpha \\ 1 & -\cos \sigma & \cos^2 \sigma \end{vmatrix} = 0.$$

Abychom získali stupnici α a σ na společné kružnici, upravíme determinant takto:¹⁾

$$\begin{vmatrix} \frac{10^6 \cdot M}{10^6 \cdot M + K_1} & 0 & 1 \\ \frac{1}{1 + \cos^2 \alpha} & \frac{\cos \alpha}{1 + \cos^2 \alpha} & 1 \\ \frac{1}{1 + \cos^2 \sigma} & -\frac{\cos \sigma}{1 + \cos^2 \sigma} & 1 \end{vmatrix} = 0 \dots \dots \dots 6$$

Sloupec první a druhý násobíme modulem q a pak z determinantu můžeme psát souřadnice stupnic v pravoúhlých souřadných osách ξ a η :

$$\xi_1 = \frac{q \cdot 10^6 \cdot M}{10^6 \cdot M + K_1}, \quad \eta_1 = 0; \dots \dots \dots 7$$

$$\xi_2 = \frac{q}{1 + \cos^2 \sigma}, \quad \eta_2 = \frac{q \cdot \cos \alpha}{1 + \cos^2 \alpha}; \dots \dots \dots 8$$

$$\xi_3 = \frac{q}{1 + \cos^2 \sigma}, \quad \eta_3 = -\frac{q \cdot \cos \sigma}{1 + \cos^2 \sigma}; \dots \dots \dots 9$$

Stupnice pro K_1 je přímá a leží na ose ξ ; stupnice pro α a σ leží na společné kružnici o středu $S(\frac{q}{2}, 0)$ a poloměru $r = \frac{q}{2}$.²⁾ Modul q jsem volil 200 mm.

¹⁾ Sloupec první přičteme k třetímu a výsledkem pak celý determinant dělíme.

²⁾ Důkaz: $\xi_2^2 + \eta_2^2 = q^2 \left[\frac{1}{(1 + \cos^2 \alpha)^2} + \frac{\cos^2 \alpha}{(1 + \cos^2 \alpha)^2} \right] = \frac{q^2}{1 + \cos^2 \alpha} = q \cdot \xi_2$.

Střed této kružnice $\xi_2^2 + \eta_2^2 - q \xi_2 = 0$ je $S(\frac{q}{2}, 0)$, $r = \frac{q}{2}$.

Stejným postupem (zanedbáme-li indexy u proměnných ξ a η) získáme touž kružnici pro σ .

Konstrukce stupnice pro K_1 je jednoduchá. Stupnice je projektivní, neboť hovoří vztahu

$$\xi = \frac{ax + b}{cx + d}$$

pro $a = 0$ (proměnná x je v našem případě K_1 , b , c a d jsou konstanty). Její konstrukci vysvětlím pro měřítko plánu 1:25.000.

Abychom mohli sestavit projektivní stupnici jakožto centrální průmět libovolného metrického měřítka (mezi nimiž platí perspektivní vztah), nutno znát při ztotožněních dvou bodech měřítka i stupnice (v našem případě nulových) aspoň dvě dvojice odpovídajících si bodů. Pro náš případ volme body o kotách 0, 20 a 40:

$$\xi_{1(40)} = \frac{q \cdot 10^6 \cdot M}{10^6 \cdot M + K_1} = 100 \text{ mm};$$

$$\xi_{1(20)} = 133 \cdot 3 \text{ mm};$$

$$\xi_{1(0)} = 200 \text{ mm}.$$

Tyto body hledané stupnice K_1 vyneseme a označíme hodnotou 40, 20, 0 (viz obr. 1). Jejím nulovým bodem vedme libovolně paprsek p , na který v libovolně zvoleném měřítku nanášíme dílky od 0 do 40. Spojnice bodů označených 40 a 20 se protínají ve středu promítání P , z něhož metrické měřítko přímky p promítneme na stupnici K_1 .

Protože stupnice K_1 pro hodnoty od 0 do -40 při výpočtu délky d_1 ($1600 < \alpha < 2400$) padá do úsečky $\xi_1 = 200 \text{ mm}$ až ∞ , nebudeme používat stupnice $\cos \alpha$ při $\alpha > 1600$ dílců, nýbrž převedeme vždy (nastane-li tento případ) cosinus na sinus. Při ohledu na znaménko funkce dává nám tento případ symetrický obraz konstrukce na plánu podle průmětu balonu (konstrukce na obrácené straně). Nemáme tedy zřetel na znaménko hodnoty K_1 , nýbrž jen na její velikost.

Stejným způsobem narýsujeme stupnici K_1 i pro měřítko plánu 1:20.000, které bude mít krok

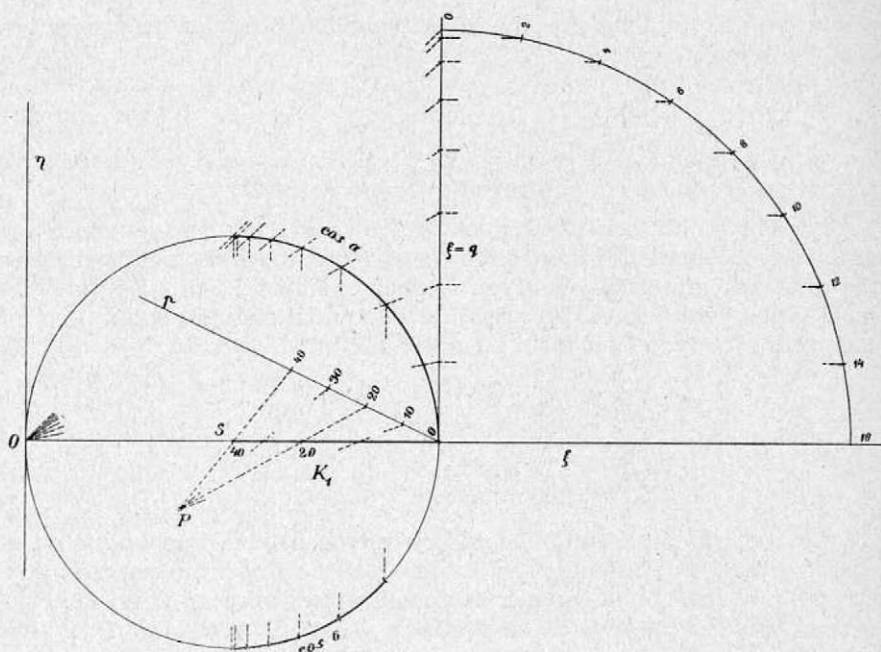
$$\xi_1 = \frac{10.000}{50 + K_1}.$$

Stupnici pro α sestojíme snadno jako projektivní stupnici z počátku O ; podíl souřadnic z rovnice 9 dává

$$\frac{\eta_2}{\xi_2} = \cos \alpha, \text{ čili } \eta_2 = \xi_2 \cdot \cos \alpha;$$

to značí, že se stupnice pro α promítá z počátku O na rovnoběžku s osou η , danou $\xi = \xi_2$ (kde ξ_2 můžeme libovolně volit) do stupnice $\eta = \xi_2 \cdot \cos \alpha$. Pro větší přesnost volme $\xi_2 = q = 200 \text{ mm}$. Nyní tuto stupnici buď vypočteme (to je nejpřesnější) a promítneme ji z počátku na kružnici nebo ji sestojíme s pomocí jednotkové kružnice ($r = q = 200 \text{ mm}$) a pak ji promítneme (obr. 1).

Stupnici pro $\cos \sigma$, která je spodní částí kružnice, sestojíme buď stejným způsobem jako stupnici pro $\cos \alpha$, nebo stupnici $\cos \alpha$ a promítneme rovnoběžně s osou η na spodní část kružnice (viz obr. 1).



Obr. 1.

B. Nomogram pro b.

V rovnici 3' položíme podíl $\frac{b}{d} = K_2$ a vzniklou rovnici

$$K_2 = 10^6 \cdot M \cdot \sin \alpha \cdot \sin \sigma \dots\dots\dots 10$$

upravíme stejným způsobem v determinant a píšeme z něho souřadnice stupnic:

$$\xi_1 = \frac{q \cdot 10^6 \cdot M}{10^6 \cdot M + K_2}, \quad \eta_1 = 0; \quad \dots\dots\dots 11$$

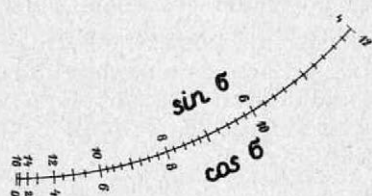
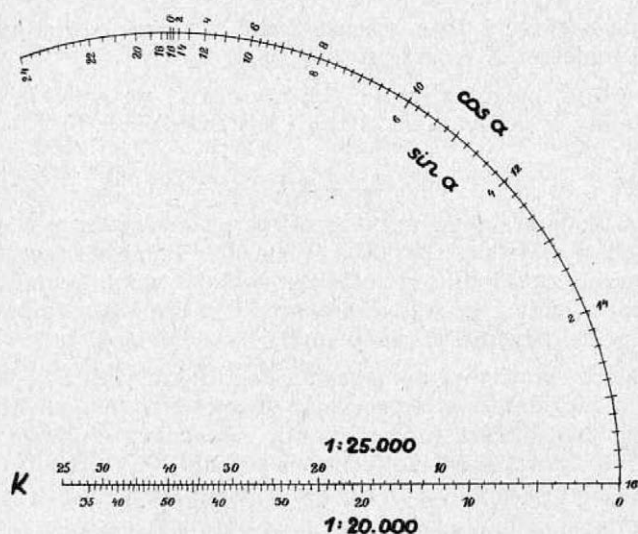
$$\xi_2 = \frac{q}{1 + \sin^2 \alpha}, \quad \eta_2 = \frac{q \cdot \sin \alpha}{1 + \sin^2 \alpha}; \quad \dots\dots\dots 12$$

$$\xi_3 = \frac{q}{1 + \sin^2 \sigma}, \quad \eta_3 = -\frac{q \cdot \sin \sigma}{1 + \sin^2 \sigma}; \quad \dots\dots\dots 13$$

Srovnáme-li rovnici 7 a 11, vidíme, že stupnice K_2 je co do polohy, velikosti i smyslu shodná se stupnicí K_1 .

Stupnice pro α a σ leží zase na téže kružnici i co do polohy. Poněvadž pro libovolný úhel φ platí, že $\sin \varphi$ je roven cosinu doplňkového úhlu, máme už obě stupnice narýsované, jen je přechýlíme (obr. 2).

Rozsah stupnice α od 0 do 2400 dc jsem ponechal. Část stupnice α od 1600 do 2400 dc se jeví na levé polovině kružnice a jí odpovídá i část stupnice K_2 vlevo od středu kružnice. Obě tyto části stupnic jsou symetrické podle přímky $\xi = \frac{q}{2}$.



Obr. 2.

C. Nomogram pro e .

Podíl $\frac{e}{d}$ z rovnice 4' nazvěme K_3 a vzniklou rovnici

$$K_3 = 10^6 \cdot M \cdot \sin \alpha \cdot \cos \sigma \quad \dots \dots \dots 14$$

upravme v determinant a pišme:

$$\xi_1 = \frac{q \cdot 10^6 \cdot M}{10^6 \cdot M + K_3}, \quad \eta_1 = 0; \quad \dots \dots \dots 15$$

$$\xi_2 = \frac{q}{1 + \sin^2 \alpha}, \quad \eta_2 = \frac{q \cdot \sin \alpha}{1 + \sin^2 \alpha}; \quad \dots \dots \dots 16$$

$$\xi_3 = \frac{q}{1 + \cos^2 \alpha}, \quad \eta_3 = - \frac{q \cdot \cos \alpha}{1 + \cos^2 \alpha}; \quad \dots \dots \dots 17$$

Srovnáme-li rovnici 15 s rovnici 7 a 11, vidíme, že stupnice K_3 je totožná se stupnicemi K_1 a K_2 pro dané měřítko.

Rovnice 16 je totožná s rovnici 12, rovnice 17 s rovnici 9. Nomogram je tedy způsobilý k určování K_3 a tím i k vyhledání e .

D. Použití nomogramu.

Výsledný nomogram jsem znázornil pro používané rozsahy proměnných a pro plán měřítka 1:25.000 a 1:20.000. Přesnost nomogramu, t. j. provedení stupnic i po 1 dílci, je otázkou velikosti nomogramu (modulu q) a otázkou práce, jednou provždy nomogramu a tím i usnadnění vyhodnocování balonového rayonování věnované.

Pro praktické používání nomogramu doporučuji volit $q = 400$ mm. Při tomto modulu možno stupnici pro α a σ provést do jistých hranic až po 1 dílci, pokud je funkce a tím i chyba v interpolaci stupnice rychle rostoucí. Pro úhly, pro něž se funkce mění pomalu, je i chyba v interpolaci stupnic a tím i ve vyhodnocení rayonování nepatrná.

Zjištění hledaných veličin d_1 , b , e se pak provádí tím způsobem, že spojnice hodnot α a σ (jejich podle vzorců odpovídajících funkcí) protíná stupnici K v hodnotách K_1 , K_2 , K_3 (podle měřítka plánu, na němž balonové rayonování vyhodnocujeme). Součin těchto koeficientů s délkou d_{km} dává přímo hledané hodnoty v milimetrech. Číselné provedení součinu je vlastně nevýhodou tohoto nomogramu, avšak uvážíme-li, že volená délka d_{km} je číslo celé a nejvýše je rovno 10, tedy že toto násobení potíží nedělá, a přibereme-li k úvaze jednoduchost čtení a interpolace na nomogramu, je nevýhoda početního provedení součinu nepatrná.

Téhož nomogramu můžeme použít i pro jiné měřítko plánu, na př. 1:10.000. Přes stupnici K připícheme na neprůhledném papíru narýsovanou stupnici K pro toto měřítko tak, aby nula nové stupnice splývala s nulou již narýsovaných stupnic. Krok stupnice K pro měřítko 1:10.000 při modulu $q = 200$ je

$$\xi = \frac{20.000}{100 + K},$$

avšak stupnici sestrojíme zase jakožto stupnici projektivní.

Čtení na nomogramu se provádí celuloidovým proužkem s vyrytou jemnou rýhou, do níž jsme vetřeli tiskařskou čern. Nákresna spojnicového nomogramu se nesmí deformovat, a proto pro praktické potřeby je nutno papír před rýsováním nomogramu podlepit (lepenkou, dřevěnou deskou) a řádně vysušit. Po narýsování nomogramu je dobře papír přetřít lihovým lakem, aby snáze odolával vlivům povětrnosti a opotřebování. Rozmnožování spojnicových nomogramů cestami „za vlhka“ je na újmu jejich přesnosti.