

DĚLOSTŘELECKÉ ROZHLEDY

Redaktor: Podplukovník gšt. Josef Churavý.

Kapitán děl. Jaroslav Chýška:

Zastřílení vysokými rozprasky.

(Dokončení.)

Navrhuji, aby byla prozkoumána tato závislost:

$\operatorname{tg} \varepsilon - \operatorname{tg} \tau = \frac{gX_0}{2V_0^2 \cos^2 \varepsilon} (1 + kX_0)$, ε = elevace, τ = polohový úhel, X_0 = horizontální dostřel odpovídající $\tau = 0$. Doplnková oprava $O = \varepsilon - \tau$ plyne z ní snadno; empirickou konstantu k získali bychom pro každé ε a pro každou náplň V_0 ze svazku drah, které byly vypočteny na základě balistické střelby (viz VTZ., roč. X, čís. 4).

Když zjistil velitel baterie pro daný náměr příslušný horizontální dostřel, provede přenos na cíl některou ze známých metod.

Pro posouzení přístrojů mají rovněž význam chyby, jichž se dopouštíme při použití těchto metod k stanovení příslušného dostřelu v úrovni ústí. Výpočet zde je ovšem obtížnější, neboť velmi záleží na pozorovací dálece rozprasků a na úhlu doletu.

Počítejme, že výška rozprasků (měřená v stanici A, viz obr. 1) je stanovena s chybou 1 dc; jde-li tu o střed ze serie 9 rozprasků, je chyba $\frac{1}{\sqrt{9}} = 1/3$ dc, což za danou dálku pozorovací ($D = 5.000$ m) činí přibližně 2 m výšky). Převedeme-li ji na dálku, projeví se tato chyba při průměrné dalece střelby průměrně asi ± 20 m; chyba, s níž je zjištěna výška středního rozprasku vlivem výškového rozptylu rozprasků, nechť činí ± 20 m v svém průměru, takže celková chyba by byla $\sqrt{20^2 + 20^2} = \pm 28$ m.

Avšak chyba, související s přesností metody prodloužení dráhy do úrovně ústí nebo snížení dráhy po vertikále, je vždy neznámá; o její velikosti by nás mohly poučit jen zkušenosti a velký počet zkoušek.

Počítejme jen pro kvalitativní orientaci, že pro náš konkrétní případ činí také ± 20 m, takže výsledná chyba z této a dříve vypočtené chyby výsledné 28 m bude $\sqrt{28^2 + 20^2} = \pm 35$ m.

V stati a) jsme vypočítali chybu v dalece střelby X (v stejném konkrétním případě), tkvící v topografických úkonech, v nejnepříznivějším případě ± 50 m; chyba související s balistickými úkony je ± 35 m, tedy výsledná chyba metody telemetrické je $\sqrt{50^2 + 35^2} =$ přibližně ± 60 m.

Konečně zbývá zmínit se ještě o chybě v přenosu na cíl (počítajíc v to chybu v souřadnicích cíle); i kdyby tato chyba v našem případě byla ± 50 m (vzhledem k rozdílu povětrnostních a jiných zvláštních vlivů), činí chyba v dalece, s níž bychom zahájili účinnou palbu, celkem $\sqrt{60^2 + 50^2} = \pm 80$ m. Vidlice, jež dotčenému případu odpovídá, je průměrně 150 m, takže výsledná chyba je zhruba půl vidlice, a to je výsledek jistě velmi dobrý. Při tom však musíme uvážit, že jsme volili nejnepřízni-

vější případ (základna $z = 1/10 D$) a počítali jsme, že se všechny chyby současně vypůsobí, což je málo pravděpodobné.

O chybě ve straně jsme neuvažovali, poněvadž postup při jejím vyhledávání by byl analogický; ostatně tato chyba bude všeobecně patrně vždy značně menší než chyba v dostřelu, neboť šířkový rozptyl je vždy menší a o chyby metod prodloužení dráhy střely do úrovně ústí tu nejde. Ostatně je tato chyba (stejně jako chyba v dostřelu) závislá na úhlu ψ (viz obr. 2); čím je ψ menší, tím i chyba ve straně je menší.

III. Z á v ě r.

Je možno mít námitky proti způsobu, jakým jsem zde počítal příslušné chyby. Předpokládal jsem, že všechny chyby jsou skutečně relativně malé, náhodné a že se řídí zákonem Gaussovým. Jistě můžeme připustit tento předpoklad u chyb souvisících s úkony topografickými. Avšak balistické úkony mohou být zatíženy chybami rázu systematického vlivem systematických změn vlastností ovzduší (hlavně rychlosti větru, teploty vzduchu) a nabíjecích podmínek střelby (živost prachu, opotřebování hlavně atd.). To je ovšem otázka jiná, a abychom posoudili odpověď, musíme se uchýlit ke zkušenostem. Nejlépe to vystihuje výrok Huagüv, který vyplývá ze zkušeností získaných za války na základě 28 balistických střelb: Některé střelby se obdivuhodně řídily zákonem Gaussovým, jiné se značně od něho odchylovaly; v průměru byl však souhlas výtečný a můžeme bez obav na základech tohoto zákona budovat pravidla střelby. Můžeme proto směle očekávat, že také skutečné střelby v svém průměru budou souhlasit s uvedenou teorií chyb, ba že poskytnou mnohdy výsledky značně lepší.

Z dosavadních úvah vyplývají některé důležité závěry: 1. Požadavek technické přesnosti přístrojů, jež mají sloužit k zastřílení vysokými rozprasky, nesmí být kladen tak, aby jim stoupla nákladnost a složitost přístrojů, neboť přesnost přístrojů sama o sobě není podstatnou okolností; stačí $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ dc v měření horizontálních úhlů a $\frac{1}{2}$ —1 dc v měření úhlů vertikálních.

2. Od přístrojů nutno však požadovat možnost snadné a rychlé manipulace, velké zorné pole a světelnost, vhodné a přesné čtení na stupnici přístroje a na stupnici zorného pole, jednoduchost výstroje a lacinou výrobu.

3. Systém zastřílení vysokými rozprasky ze tří pozorovatelů svou přesností nevyváží těžkopádnost, která je spojena s jeho instalací a nemožností snadného použití v takovém rozsahu v různých fázích boje jako uvedené metody o dvou pozorovatelných.

4. Velmi důležitá je otázka jednotného a důkladného výcviku obou pozorovatelů, hlavně v správném zachycování rozprasků. Tímto způsobem možno přesnost metody telemetrické značně zvýšit.

V této práci nebylo dotčeno řešení různých vedlejších otázek (organizace osob a materiálu telemetrického roje, organizace spojení atd.) pro nedostatek místa a také proto, že v té věci budou rozhodující speciální zkušenosti.

IV. Stručný přehled výpočtů při metodě telemetrické.

a) U roje telemetrického. Viz obr. 1 a 3. Pozorovatel A zjistil na hlavní stanici střední hodnotu úhlu β a polohový úhel středního rozprasku s ; pozorovatel B pak střední úhel α . Základna buď z . (Před-

pokládáme, že A, B jsou v stejné úrovni; není-li nutno ještě změřit úhel převýšení a změřenou základnu násobit jeho cosinem, byla-li základna z měřena, jak ukazuje obr. 1).

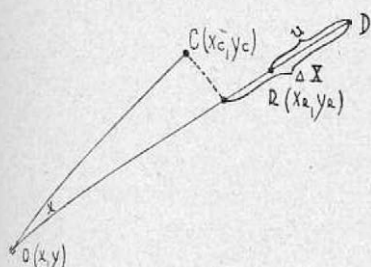
Horizontální dálku rozprasku D pak vypočteme z rovnice

$$D = z \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)};$$

jeho výška nad úrovní ústí je $h = v_0 + D \operatorname{tg} s$, kdež v_0 je relativní převýšení stanice hlavní pozorovatelny A proti baterii (známe je z daných souřadnic).

Při dálce $D > 15$ km, musíme převýšení h počítat z přesnějšího výrazu: $h = v_0 + D \operatorname{tg} s + k D^2$, kde k (asi 0.06) je konstanta závislá na atmosférické refrakci a zakřivení země, D = dálka rozprasku v kilometrech.

Souřadnice středního rozprasku pak jsou (viz obr. 1):



Obr. 5.

$$X_R = X_0 + \Delta X = X_0 + D \sin g$$

$$Y_R = Y_0 + \Delta Y = Y_0 + D \cos g$$

$$Z_R = v_0 + D \operatorname{tg} s$$

$$g = \text{směrník směru } AR$$

Tyto souřadnice hlásí telemetrický roj veliteli baterie.

b) U velitele baterie. Ten pracuje nejvhodněji na měřickém stolku, kde má vyneseny souřadnice cíle x_c, y_c a baterie x, y . Tam si vynesou i souřadnice x_R, y_R rozprasku (viz obr. 5).

Bud' C cíl, O baterie, R střední rozprask na dráze střely (v horizontálním průřezu). Dráhu prodloužíme, až protne úroveň ústí v bodě D , na př. podle této formule: $U = h \operatorname{tg} \omega \left(1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{h}{y_v}\right)$ vyneseme U ve směru ORD a tak zjistíme D . K náměru, s nímž byla zaměřená série rozprasků vystřelena, přísluší horizontální dostřel $X = OD$.

Pouhým přenosem zjistíme náměr, jenž odpovídá horizontální vzdálenosti cíle OC ; ten podle potřeby změním o polohový úhel cíle s příslušnou doplňkovou opravou. Příslušnou změnu strany x opravíme ještě o rozdíl, způsobený změnou příčné složky větru a změnou derivace.

D. Zastřílení vysokými rozprasky v rámci baterie, nejsou-li souřadnice.

I. Ú v o d e m.

V této části chci poukázat na to, že telemetrické metody zastřílení vysokými rozprasky a principu telemetrie vůbec může být obecněji a zásadněji použito, než je jen zvláštní druh střelby. Pojem telemetrie bud' tu chápán v nejširším významu slova jako měření dalek vůbec; relativní velikost základny k pozorovací dálce bud' při tom libovolná, ne však menší než určitá krajní mez.

Velitel baterie bude nucen v mezích své bojové činnosti zahájit účinnou palbu i na cíle, na něž nemohl provést předem zastřílení, na př. chce-li cíl překvapit anebo skryl-li se pojednou cíl v mlze přízemní, pro setmění,

pro špatnou viditelnost a špatnou průzračnost atmosféry; někdy též může být zastřílení velmi těžko možné proto, že cíl nemá markantního ohraničení, když terén u cíle je velmi nepříznivý nebo když jsou nepříznivé podmínky pozorování. Konečně v noci nelze racionálně zpravidla nikdy provádět přímé nárazové zastřílení na cíl, zejména u menších ráží a v nerovném terénu, kde světlo výbuchu bývá často nepozorováno.

V takovýchto a podobných případech musí být velitel baterie také s to svými vlastními prostředky zahájit účinnou palbu, neboť všeobecně nebude možno spoléhat na speciální orgán, který pracuje pro celý oddíl (telemetrický roj).

Provádění úplné přípravy souvisí s uvedenými již potížemi a nepřesnostmi; rovněž přenosy nebude lze tak často provádět, jak si myslíme, jednak proto, že obecně nebudou k dispozici souřadnice, jednak proto, že nebude dostatek vhodných pomocných cílů, vyhovujících podmínkám pro přenos.

V úvodu jsem naznačil, že dělostřelectvo nemůže provádět v moderní bitvě zdoluhavé zastřílení, řízené z jediné pozorovatelný při pozorování zpravidla jednostranném; normálně budeme musit užívat pozorování oboustranného, aby střelba byla rychlá a racionální. A tu právě princip telemetrie a princip zastřílení vysokými rozprasky (speciálně nárazy), mohou nejlépe vyhovět nejvyššímu počtu všech požadavků, kladených na moderní dělostřelectvo.

Pokusím se ukázat, jak může velitel baterie provádět zastřílení vysokými rozprasky (speciálně nárazy), i když nemá k dispozici souřadnice, a to vlastními prostředky a pomůckami. O cílech, na něž má střilet, platí ovšem předpoklad, že před střelbou (kdykoliv) bylo je aspoň po určitou krátkou dobu vidět (na př. před setměním, před zamlžením, atd., jinak bychom je nebyli mohli vůbec zjistit), anebo že jest je aspoň tak vidět, že je lze okem postřehnout a přístrojem zamířit, zastřílení na ně však provést nelze.

II. Vlastní řešení.

Velitel baterie nechť má k dispozici dva optické úhloměrné přístroje tak zařízené, aby měly dostatečné velké zorné pole, a aby v měření horizontálních a vertikálních úhlů neměly chyb větších než 1 dc; to jsou nutné požadavky vůbec na optické přístroje pro baterii. Mimo to je třeba, aby měl aneroid k měření relativních rozdílů výšek, jako je na př. speciální aneroid k měření výšek, uložený v pouzdře rozměrů $10 \times 10 \times 4$ cm³), který může relativní výškové rozdíly měřit s přesností 1—2 m. Konečně je potřeba 3 pásem (lan, řetězů, atd.) 25 nebo 50 m dlouhých, po technické stránce tak dokonalých, aby s nimi bylo možno přesně měřit krátké základny (velikosti do 1 km); taková pásma jsou na př. ve výstroji francouzských souprav SOM. vz. 24.

Řešení naznačeného úkolu provedu obecně pro případ, že velitel baterie nezná vůbec souřadnic, a že není vidět z pozorovatelný do baterie. Většinu všech výpočtů souvisejících s topografickou přípravou bude provádět velitel baterie (nebo jeho orgán) úplně mechanicky, použitím dvou nomogramů: průsečíkového pro větu sinusovou a spojnicového pro větu cosinusovou.

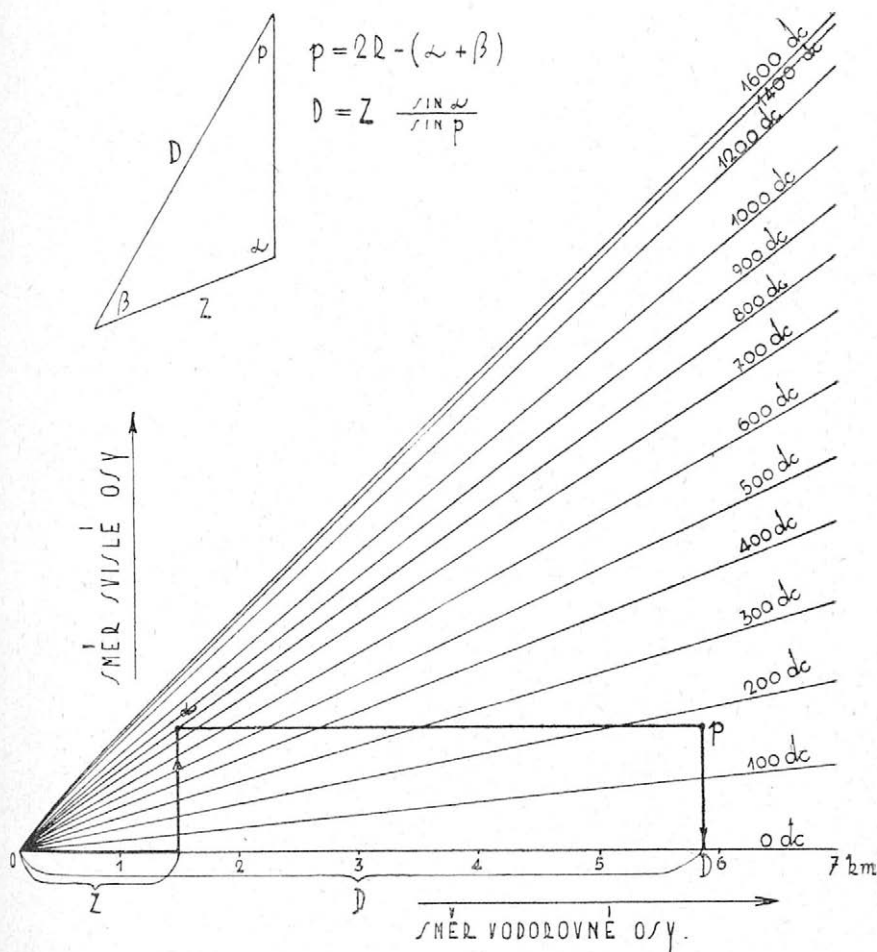
1. Průsečíkový nomogram pro větu sinusovou (jeho schema viz obr. 6). Touto větou řešíme obecný trojúhelník, jsou-li dány buď dvě strany a jeden z jejich protějších úhlů, anebo dva úhly a jedna

*) Užívá se ho u nás v topografii (v dělostřeleckém učilišti).

z jejich protějších stran; platí úměra $a : b : c = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma$, kdež a, b, c jsou strany obecného trojúhelníka, α, β, γ , pak příslušné protější úhly. Použití a princip tohoto nomogramu je popsán ve VR čís. 7/8/1933 a čís. 6/1935. Je-li dána na př. základna z a úhly α, β při této základně (viz obr. 1), vypočteme dálku D pomocí sinusové věty z úměry

$$D : z = \sin \alpha : \sin (\alpha + \beta), \text{ neboli } D = z \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin (\alpha + \beta)},$$

$$\text{čili } z \cdot \sin \alpha = D \cdot \sin (\alpha + \beta).$$

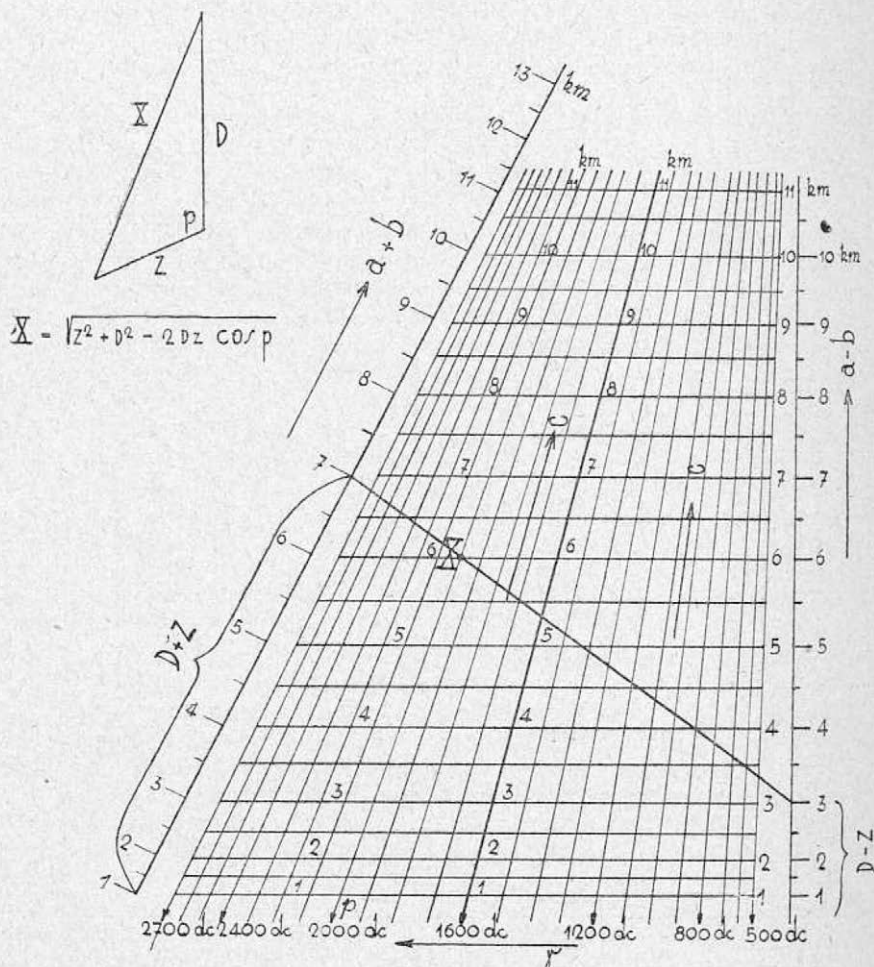


Nomogram pro větu sinusovou
(schematicky).

Obr. 6.

Na nomogramu na vodorovné ose vyhledáme z , pak ve směru svislé osy postupujeme na paprsek, označený α dc; odtud ve směru vodorovné osy jdeme k paprsku, označenému $2R - (\alpha + \beta)$, ve směru osy svislé přejdeme opět na vodorovnou osu, kde čteme příslušnou hodnotu D .

Spojnicového nomogramu pro cosinusovou větu*) (jeho schema viz obr. 7) se používá tehdy, když jsou dány dvě strany a, b , úhel γ jimi sevřený, a má se stanovit třetí strana c ; tu podle cosinusové věty platí $c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma}$. Používáme ho takto: Z daných stran a, b utvoříme součet $(a + b)$ a rozdíl $(a - b)$, a hodnoty tak vzniklé vyhledáme na příslušných stupnicích, označených $(a + b)$, $(a - b)$. Spojnice



Nomogram pro větu sinusovou
(schematicky).

Obr. 7.

těchto hodnot protne paprsek, označený daným úhlem γ v příslušné hodnotě hledané strany c , již čteme na stupnici pro c , která je stejná se stupnicemi $(a + b)$, $(a - b)$; jednoduchý příklad pro kontrolu si každý laskavě najde

*) Sestrojení jeho není jednoduché; návod je uveden v knize: Schwerdt, Anwendung der Nomographie in der Mathematik, Berlin, Springer 1931.

snadno sám. (Na obr. 7 je naznačen postup pro vyhledání dálky X pro hodnoty: $z = 2$ km, $D = 5$ km, $p = 2.000$ dc; pak $X = 6$ km.)

Schemata obou nomogramů jsou zmenšena; jejich přesnost ve skutečné velikosti pro náš účel dobře postačí. Oba nomogramy lze sestavit ještě i v jiných úpravách; to však je pro nás vedlejší, ne-li bez podstaty.

K hledaným hodnotám bychom mohli též dospět grafickým řešením na měřickém stolku (dálky D při telemetrické metodě nutno však při malých základnách vždy počítat buď mechanicky nebo logaritmickými tabulkami); avšak způsob řešení pomocí nomogramů, (event. i logaritmického pravítka), je jednak elegantnější, jednak rychlejší, takže může být hotov za několik okamžiků.

2. Baterie buď v O (viz obr. 8), velitel baterie na hlavní pozorovatelně A , pomocná pozorovatelná v B . Střední rozprask buď R , jeho horizontální vzdálenost od baterie buď X , od pozorovatelný A buď D . Vzdálenost $OA = z$ zjistí velitel baterie, není-li do baterie vidět, buď ze speciální mapy nebo z plánu atd.; přesnost, s jakou ji stanoví, závisí na důvtipu a dovednosti velitele baterie. Přesnost, již dává mapa, postačí také, jak později uvidíme. Podobně zjistíme úhel p .

Je možné na př., že s určitého místa A' je vidět jak na pozorovatelnu, tak i do baterie; pak lze základnu z a úhel p stanovit dosti přesně takto: Zjistíme úhel ω a změříme (některým vhodným způsobem; viz část C.) dálky z_1, z_2 . Pak z nomogramu obr. 7 vypočteme z (dány: z_1, z_2 a ω) a z nomogramu obr. 6 p_1 (dány: z_2, z a ω); na pozorovatelně A změříme pak součet $(p + p_1)$, z něhož tedy p ihned vyplyne.

Pomocná pozorovatelná B musí být umístěna tak, aby byla navzájem viditelná z A , což při malé základně z' bude téměř vždy možné; z' musí být aspoň tak velké, aby úhly C' nebo C'' nebyly menší než 100 dc; $AB = z'$ změříme pomocí krátké základny, vytyčené pásmem 25 m nebo 50 m (viz obr. 1), anebo jiným vhodným způsobem. Nevidí-li se A a B navzájem, můžeme z' určit za intervence jiného bodu, s kterého je A, B vidět stejně, jak to bylo právě popsáno u základny z (pozorovatelná A — baterie O).

Pozorovatelé A, B zaměřují jednotlivé rozprasky serie a zjistí střední hodnoty α, β ; z hodnot z', α, β pak z nomogramu obr. 6 vypočteme D^*). Z hodnot D, z, p nomogramem obr. 7 stanovíme ihned příslušnou horizontální vzdálenost X středního rozprasku R od baterie. Pomocí X, z, p nomogramem obr. 6 určíme paralaxu c . Stejným způsobem vypočteme D' z hodnot $\alpha' = \alpha - x', \beta' = \beta + x''$ a z' ; pak ze $z, p' = p + x'$ a D' najdeme X' a konečně c' ; x' a x'' měříme v A a B přímo.

Prodloužení dráhy od bodu rozprasku do úrovně ústí nebo snížení dráhy po vertikále provedeme některým ze způsobů v části C, II, b. Nutno ovšem mít na paměti, že při prodloužení dráhy do úrovně ústí je rozdíl $\Delta X = X' - X_1$, při čemž $X_1 = X + U$ (U viz obr. 3).

Relativní převýšení pozorovatelný A a baterie najdeme buď z plánu nebo změříme aneroidem; změna tlaku o 1 mm odpovídá přibližně 10 m relativního převýšení.

Na pozorovatelně A stanovíme také střední výšku rozprasků (úhlově) a ze vzdálenosti D vypočteme pak výšku středního rozprasku (v metrech)

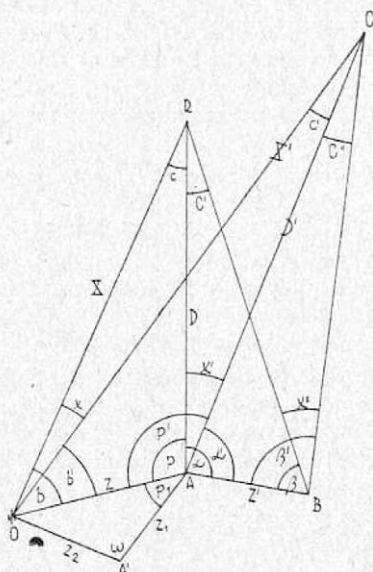
*) Má-li velitel baterie současně k dispozici vhodné speciální logaritmické pravítko, může D počítat velmi výhodně také pomocí něho. Dobře se k tomuto účelu hodí logaritmické pravítko kruhové, sestavené kpt. Kubou.

nad pozorovatelnou A ; tím známe výšku středního rozprasku i nad baterií. Stejně najdeme převýšení cíle nad úrovní ústí.

Způsobem uvedeným v C, IV, b (obr. 5) provedeme přenos střelby: dostřelu o $\Delta X = X' - X$, resp. $\Delta X = X' - (X + U)$ a strany o $x = c' - c + x'$, přihlízejíce k polohovému úhlu cíle C s doplňkovou opravou a také ke změně strany vlivem změny příčné složky větru, anebo i změny derivace. Není nutno, aby pozorovatelé během účinné střelby dleli na exponovaných místech A , B ; jeden z nich nebo oba mohou po zaměření cílů změnit stanoviště a přejít na novou základnu, kde by byli kryti. Řešení pak se zřetelem na tento přechod je zcela triviální, a na platnosti a principu celé metody nic nemění; nebudu tím proto mařit přehlednost.

III. Chyby, jež souvisí s touto metodou.

Že popsaná metoda je také vskutku prakticky legitimní, o tom nás může přesvědčit příslušná teorie chyb. Že střelba skutečná, provedená touto metodou, dá výsledky ještě lepší, než vyplynou z chybové teorie, o tom jsem přesvědčen, neboť беру v úvahu nejnepříznivější případy, maximální chyby a současně uplatnění veškerých možných chyb (což je téměř nepravděpodobné).



Číselný příklad (přesvědč se
přibližným výpočtem z nomen-
gramů obr. 6 a obr. 7).

$Z = 1000$ m
 $Z' = 300$ m
 $X = 3236$ m
 $X' = 3435$ m
 $D = 2000$ m
 $D' = 3000$ m
 $p = 1600$ dc

$b = 1128$ dc	$c = 472$ dc
$b' = 950$ dc	$c' = 275$ dc
$a = 1975$ dc	$C' = 150$ dc
$a' = 1600$ dc	$C'' = 100$ dc
$\beta = 1075$ dc	$X = 178$ dc
$\beta' = 1500$ dc	$X' = 375$ dc
$p' = 1975$ dc	$X'' = 425$ dc

Obr. 8.

Pro rozdíl dostřelů $\Delta X = X' - X$ (viz obr. 8), platí zřejmě tento výraz:

$$\Delta X = X' - X = \sqrt{D'^2 + z^2} - 2D'z \cos(p + x') - \sqrt{D^2 + z^2} - 2Dz \cos p \dots 3),$$

pro změnu strany $x = c' - c + x'$, při čemž

$$c' = \arcsin [z/X' \sin(p + x')], c = \arcsin [z/X \sin p] \dots 4).$$

(x' přesně měříme na pozorovatelně A).

Uvažujme o chybách v dostřelu (viz konkrétní data při obr. 8). Chybu $d(\Delta X)z$, způsobenou chybou dz v základně z , vypočteme jako parciální diferenciál výrazu 3):

$d(\Delta X)_z = [(1/X' - 1/X)z - (D'/X' \cos(p + x') - D/X \cos p)] dz$. Předpokládejme, že $dz = 100$ m (schopný velitel baterie neučiní větší chyby, i kdyby z zjišťoval z mapy!).

Dosazením čísel dostaneme:

$$d(\Delta X)_z = \left[\left(\frac{1}{3475} - \frac{1}{236} \right) \cdot 1000 - \left(\frac{3000}{3435} \cos 1975 - \frac{200}{2236} \cos 1600 \right) \right] \cdot 100 = 11 \text{ m}$$

Výsledek překvapující; přenos, při němž rozdíl dalek činí více než 1 km a chyba v základně 100 m, a přece chyba v ΔX je jen 11 m. Vidíme, že chyba v základně z má v tomto způsobu malý význam.

Chyba $d(\Delta X)_p$ v rozdílu ΔX , způsobená chybou dp v úhlu p , se vypočte rovněž jako příslušný parciální diferenciál výrazu 3):

$$d(\Delta X)_p = \left| \frac{D'}{X'} \sin(p + x') - \frac{D}{X} \sin p \right| z \cdot dp;$$

je-li v úhlu p chyba $dp = 100$ dc, vyjde snadno $d(\Delta X)_p = 6$ m; je rovněž chyba nepatrná, kterou lze zanedbat. Chyba $d(\Delta X)_{z'DD'}$ (způsobená chybami: $d(D')_{z'}$ = chyba v dálce D' , způsobená chybou $d z'$ v základně z' ; $d(D)_{z'}$ = chyba v dálce D , způsobená chybou $d z'$ v základně z') je rovna rozdílu chyb $d(X')_{d(D')z'} - d(X)_{d(D)z'}$ (pozor: chyby v X, X' v důsledku z' jsou systematické, a proto se při $\Delta X = X' - X$ částečně ruší).

Stejně jako dříve je $d(D')_{z'} = \frac{D'}{z'} dz'$, $d(D)_{z'} = \frac{D}{z'} dz'$; počítáme-li chybu dz' v základně z' rovnou $dz' = 5$ m (chyba poměrně velká), je $d(D')_{z'} = 50$ m, $d(D)_{z'} = 33$ m; převedením těchto chyb do směrů dostřelů X', X dostaneme: $d(X')_{d(D')z'} = 50 \cdot \cos 275 = 48$ m, $d(X)_{d(D)z'} = 33 \cos 472 = 29$ m, a tudíž celková chyba v rozdílu ΔX : $d(\Delta X)_{z'DD'} = 48 - 29 = 19$ m. Relativně k chybě 5 m v základně z' a velkému přenosu, opět chyba malá.

Chyba v dálce D , způsobená chybami $da, d\beta$ vlivem nepřesného zachycení rozprasku a nepřesnosti přístroje, se vypočítá rovněž z příslušného parciálního diferenciálu z výrazu 3). podle zákona náhodných chyb:

$(dD)_{a\beta} = \sqrt{D^2 [\cotg \alpha - \cotg(\alpha + \beta)]^2 (d\alpha)^2 + D^2 \cotg(\alpha + \beta) (d\beta)^2}$; v našem konkrétním případě nechť chyba v nepřesnosti přístroje činí 1 dc, chyba v nepřesném zachycení rozprasku rovněž 1 dc (vskutku však jde o chybu středního rozprasku ze série n rozprasků, tedy o $\frac{1}{\sqrt{n}}$ chyby jednoho rozprasku; totéž platí i pro chybu nepřesnosti přístroje); počítejme s výslednými chybami $d\alpha = d\beta = 1'6$ dc*) (jednotlivého rozprasku), jež dosazeny do výrazu pro $d(D)_{a\beta}$ dávají: $(d\alpha = d\beta = \frac{16}{10000}$ v míře

$$\text{arcus}): d(D)_{a\beta} = \sqrt{2000^2 \cotg^2 150 \cdot \frac{16^2}{10000^2} + 2000^2 \cotg^2 150 \cdot \frac{16^2}{10000^2}} = 45 \text{ m}.$$

Převedeme-li tuto chybu na chybu v dostřelu X , činí $d(X)_{D a \beta} = 45 \cos 472 = 40$ m; chyba středního rozprasku je tudíž $\frac{40}{\sqrt{9}} = 13$ m, je-li 9 rozprasků.

Stejně vypočteme chybu $d(D')_{a'\beta'}$ v dálce D' , způsobenou nepřesným zjištěním úhlů α', β' , počítáme-li, že $d\alpha' = d\beta' = 0'5$ dc (což jistě je možné při přesnosti přístroje 1 dc při zamíření na pevný cíl), takže $d(D')_{a'\beta'} = 21$ m; převedeno do X' dává: $d(X')_{a'\beta'} = 20$ m.

*) Ačkoliv $\sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2} = 1'4$, počítáme s výslednou chybou větší, rovnou 1'6 dc.

Shrneme-li tedy všechny chyby, jež se projeví v rozdílu ΔX a tudíž v dálce X' , odpovídající cíli, máme:

$$d(\Delta X)_Z = 11 \text{ m}$$

$$d(\Delta X)_P = 6 \text{ m}$$

$$d(\Delta X)_{Z'DD'} = 19 \text{ m}$$

$$d(X)_{D, \alpha, \beta} = 13 \text{ m}$$

$$d(X)_{D', \alpha', \beta'} = 20 \text{ m}$$

Celková chyba v X' je tedy $\sqrt{11^2 + 6^2 + 19^2 + 13^2 + 20^2} \doteq 33 \text{ m}$; uvažme ještě chyby ve čtení z nomogramu a připustíme, že pak celková chyba je $\pm 40 \text{ m}$. Šlo-li o serii $n = 9$ rozprasků, činí chyba středního rozprasku vlivem rozptylu rozprasků $\frac{4 U_d}{\sqrt{n}}$, U_d = pravděpodobná úchylka dálkového rozptylu rozprasků; je-li na př. $U_d = 30 \text{ m}$, je chyba $43 U_d = 40 \text{ m}$; připustíme, že se projeví celá ve směru X , je tudíž výsledná chyba v $X' : \sqrt{40^2 + 40^2} \doteq 57 \text{ m}$.

Srovnáme tuto chybu s tou, již jsme našli v části C, II, a) ($\pm 50 \text{ m}$), a vidíme, že je přibližně stejná. Když pak ještě uvažíme souhrn všech chyb, i těch, které souvisí s prodloužením dráhy do úrovně ústí a s přenosem, vidíme, že tato metoda, podle níž velitel baterie bez znalosti souřadnic a svými vlastními prostředky provádí zastřílení vysokými rozprasky, je téměř stejně tak přesná, jako metoda telemetrická, již provádí zvláštní telemetrický roj zvláštními přístroji a na známém topografickém podkladě.

Podobným postupem bychom našli i chyby ve straně (z výrazu 4); chyby ve straně jsou mnohem menší než chyby v dostřelu, a jen ve zvláštních případech vybočí z mezí, jež stanovíme pro rozšíření cíle při přenosech.

Zvlášť jednoduchého použití poskytuje tato metoda, je-li možno pozorovat nárazy; tu se stává vlastně oboustranným pozorováním, protínáním vpřed. V tomto případě již na základě 4—6 pozorovaných ran serie možno provést přenos na cíl a provádět systematickou střelbu účinnou (na př. v noci, při překvapení, atd.); pásmo cíle při tom rozšíříme jako obvykle, jako při obvyklém přenosu (nebude zpravidla třeba více rozšiřovat); i zde je jasná nesporná výhoda úspory střeliva a času: není třeba ani zastřílet na cíl pomocný, ani znát souřadnice. Vyhodnocení jedné serie nárazů může být podkladem pro přenos na velkou řadu cílů, jež jsou v určitém okruhu.

Má-li ovšem velitel baterie možnost účinnou střelbu pozorovat a opravovat, jistě že tak učiní, a to pomůckami platnými při pozorování z jedné pozorovatelnosti; běží tu o malé opravy, a nikoliv o zastřílení, poněvadž s velikou pravděpodobností bude první serie (řada) již krycí, a s jistotou nebude úchylka od cíle větší než 1 vidlice.

Střelba dělostřelectva na podkladě té (nebo podobné) metody je vskutku racionální, a tvrdím, že se tento způsob stane skutečností normální při přípravě a provádění moderní dělostřelecké střelby vůbec. Toto tvrzení vědecky opírám důkazem, souvisejícím s teorií chyb.

E. Celkový závěr.

Myšlenka celého řešení (metody) je tu podána jen v své podstatě, v hlavních rysech a způsobem informativním. Shrnutí všechny poznatky, související s oborem zastřílení vysokými rozprasky, znamenalo by vytvořit daleko obsáhlejší nomografii, než je možno v omezeném rámci, zde předem určeném.

Výsledek všech úvah a námětů by se dal zcela všeobecně shrnout v tyto základní myšlenky:

1. K zastřílení vysokými rozprasky se používá dvou francouzských metod: „réticule tangent“ a „telemetrické“. S hlediska praktického má pro nás větší důležitost metoda telemetrická.

2. Není třeba požadovat od přístrojů, sloužících k zastřílení vysokými rozprasky, extrémní přesnost; jejich přesnost je limitována přesností, s jakou lze rozprask zachytiti, a přesností střelby samé (rozptyl rozprasků). Pro přístroje, jichž používá zvláštní telemetrický roj, postačí přesnost $\frac{1}{2}$ dc pro úhly horizontální, 1 dc pro úhly vertikální.

3. Naopak nutno od těchto přístrojů požadovat možnost snadné a rychlé manipulace při zachycení rozprasku, velké zorné pole, možnost okamžitého a přesného čtení na stupnicích zorného pole, i když jde o rozprask --- zjev to okamžitý; nutné je též zařízení k osvětlení stupnic v noci.

4. Podstatnou úlohu má přesnost a jednotnost výcviku obou pozorovatelů; ten může značně přispět k přesnosti metody.

5. Zastřílení vysokými rozprasky může výhodně prováděti i baterie svými vlastními prostředky i bez topografického podkladu. Předpokladem je přesnost přístrojů pro úhly horizontální i vertikální aspoň 1 dc.

Všeobecná tvrzení, že s takovými nepřesnými přístroji, jaké má velitel baterie, nemá provádět práce souvisící se zastřílením vysokými rozprasky, nemá podstaty; tím spíše, že to nebylo nikdy experimentálně potvrzeno, naopak, v některých případech zkušenosti ukázaly, že to lze.*)

Často se zapomíná, že nejde o absolutní přesnost polohy středního rozprasku nebo cíle, nýbrž jen o přesnost jejich prostorových rozdílů. Té lze však dosáti i méně přesnými přístroji, jako má na př. baterie, neběží-li o rozdíly značné (a o to vskutku neběží). Dále musíme přihlížet k tomu, že určujeme střední rozprask, který má tím menší chybu, s čím většího počtu ran byl získán (to se týká jak chyby v nepřesnosti přístroje, tak i chyby v nepřesnosti zachycení rozprasku).

Konečně velkou důležitost má přesnost zjištěné polohy středního rozprasku vlivem rozptylu rozprasků a poměr této přesnosti k přesnosti přístroje.

Také nesprávně bývá vykládán zákon velkého počtu čísel (zjevů, střelb, atd.); zpravidla se vypočítávají maximální chyby, jichž se můžeme dopustit, pro něž je však velmi malá pravděpodobnost, že nastanou. Zákon velkého počtu čísel sice výslovně (matematicky) nedokazuje, že se zjevy mající malou pravděpodobnost budou ve skutečnosti také zřídka kdy vyskytovat; přes to však jej v praxi rozšiřujeme i o tento poznatek, a předpokládáme, že se zjevy málo pravděpodobné vskutku zřídka kdy vyskytnou, jsouce při tom podporovány dílem zkušenostmi, dílem logikou jiného druhu, než je v matematice obvyklá.

Při střelbě pak jej interpretujeme takto: Běží-li o mnohost, velkou četnost střelb, budou se chyby s nimi souvisící, které jsou málo pravděpodobné (chyby maximální), jen zřídka kdy vyskytovat, a proto s nimi nemusíme počítat, přihlížíme-li k celkové potřebě střeliva. Pak vždy můžeme v praxi počítat s chybami o $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$ menšími, než jsou chyby maximální, zvláště při střelbách umlčovacích, které provádíme ve velkém počtu. Počítat v takových případech při rozšiřování pásma cíle s chybami maximálními by bylo neracionální.

*) Když jsem byl s touto prací hotov, dostal jsem do rukou VR. roč. 1935, čís. 1, kde kpt. Kuba v svém článku: „Oboustranné pozorování protínáním vpřed ve světle úspory střeliva“ to potvrzuje rovněž.