

VOJENSKÉ ROZHLEDY

Kapitán JAN GEBAUER:

Teorie střelby na letadla.

(Dokončení).

B. Střelba indirektní.

I. Střelbou indirektní rozumíme takovou střelbu, při níž obsluha děl vůbec nemusí vidět cíl, nemusí se starat o cíl. Prvky střelby jsou určovány velitelstvím baterie.

Povely obsluze děl se udílejí buď akusticky (voláním, telefonem) nebo opticky, nebo se přenášejí elektricky na stupnici příslušných strojů u děl, nebo konečně přímo elektricky se udílejí dělům, takže obsluha děl pak jen časuje střelu dle odečtení na stupnici stroje časování, nabíjí časovanou střelu a na znamení — po případě ihned po nabití bez znamení — vypálí dělo. (Bylo-li by tu zavedeno též současné elektrické odpalování děl velitelem baterie, zbyla by mužstvu posádky jen úloha časování a nabíjení střel.)

Jest zřejmo, že v tomto případě prvky střelby nemohou být vztahovány na proměnnou polohu cíle v bodě výstřelu, resp. v bodě měření. Naopak musí být vztahovány k určitým, pevným polohám.

Výbuch střely v určitém bodě v prostoru, ležícím v dosahu daného děla, jest určen těmito třemi veličinami:

1. elevací ε_Z osy hlavně dělové;
2. rayonem σ_Z t. j. úhlem v rovině horizontální, jež svírá paprsek polohy nulové s rovinou přímky střelné (vertikální rovinou proloženou osou hlavně děla);

3. časováním $\bar{C}_Z$ střely.

Pevné hodnoty nulové, k nimž prvky střelby nutno vztahovati, jsou tudíž: ad 1. rovina horizontální, ad 2. paprsek nulový v této horizontální rovině, ad 3. ústí děla co počátek dráhy letu střely (neboť pro ústí děla jest $\bar{C}_Z = 0$).

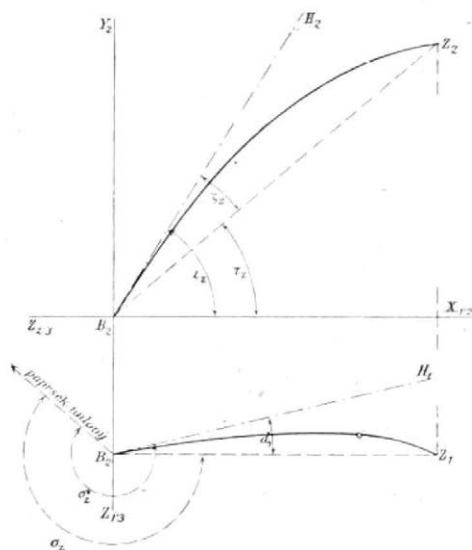
Prvky tyto platí pro bod zásahu Z , proto značky jejich mají index z . $Z = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, kdež x, y, z jsou ortogonální souřadnice bodu Z .

Pro hodnoty y, Z dává nám střelecká tabulka pro cíle ve vzduchu, platná pro daný typ děla a střely, určitý záměrný úhel ζ_Z . Píšeme-li $\tau_Z =$ úhel polohy bodu zásahu, jest

$$\varepsilon_Z = \tau_Z + \zeta_Z \dots \dots \dots (1)$$

Zmíněná střelecká tabulka dává nám pro hodnoty y, Z též určitou derivaci d . Aby střela proletěla bodem Z , jest nutno pootočit rovinu přímky střelné kol osy Y . Proložíme-li pak přímkou $\overline{BZ}$ rovinu kolmou ku vertikální rovině přímkou $\overline{BZ}$, protíná tato proložená rovina obě roviny (v původní

i v pootočené poloze) ve dvou přímkách, svírajících úhel d . Projekce tohoto úhlu do horizontální polohy budiž d_1 .



Obr. 15.

namnoze též určení bodu Z jinými souřadnicemi, na příklad trojice:

$$\sigma_Z, \tau_Z, y, \text{ nebo } \sigma_Z, Z, y, \text{ nebo } \sigma_Z, Z_1 = \sqrt{x^2 + z^2}, y.$$

II. Střelba na letadla založena jest na supposici, že cíl pohybuje se od okamžiku měření až k bodu zásahu po přímce určené hodnotami změřenými v okamžiku měření. Na letadlo, jež rychle a libovolně mění směr letu takřka každých několik vteřin, nelze přesně střeliti, zbývá jen ohroziti je výbuchy střel v jeho okolí.

Předpoklad letu po přímce jest pro dobu, jež uplyne mezi měřením a výbuchem střely u letadla, oprávněný potud, pokud jde o dobu poměrně krátkou. Dobu tuto rozkládáme okamžikem výstřelu na dvě doby: b = zpoždění velením a nabíjením, t. j. doba, jež uplyne od počátku měření až k výstřelu z děla, k = době letu střely od ústí děla až k bodu zásahu.

Velikost doby b závisí od způsobu střelby, po př. od strojního zařízení baterie. Soudím, že vývoj strojního zařízení baterie bude časem s to zkrátiti tuto dobu až na 1 až 2 sek. Nyní jest b max = 10 sek.

Doba k závisí od balistické výkonnosti děla a od váhy a tvaru střely. Nyní jest ještě užívané k max asi 25 — 32 sek.

Součtem maximálních současných hodnot dostáváme ovšem již značně dlouhou dobu 42 sek. Jest též věci konstruktérů děl a střel a věcí pokusu střeleckých zkrátiti co možná dobu k .

Ale předpoklad letu po přímce v době $b + k$ jest též jediným oprávněným předpokladem s hlediska pravděpodobnosti. Neboť i když cíl vybočí ze směru letu, jest pro dělostřelce, jenž nezná a nemůže čísti myšlenky letce, stejně pravděpodobnou možnost vybočení v kteroukoliv stranu od přímky posavadního letu a tudíž pravděpodobné vybočení = 0.

Přímka letu může míti libovolnou polohu vůči baterii. Při střelbě direktní a výpočtu tabulek povelových pro tuto střelbu se předpokládá, že přímka tato jest horizontální. Stejný předpoklad mají některá strojová řešení pro střelbu indirektní. Značná oprávněnost tohoto předpokladu opírá se o praxi, neboť skutečně ve velké většině případů jest let cíle horizontální,

Pak platí

$$\sin d_1 = \frac{\sin d}{\cos \tau_Z} \quad (2)$$

a poněvadž úhly d , d_1 jsou úhly malé, můžeme psáti velmi přibližně

$$d_1 = d \cdot \frac{640}{\pi \cdot \cos \tau_Z} \text{ velkých dílců } (3)$$

Tudíž, aby střela proletěla bodem Z , musíme dělu uděliti rayon

$$\sigma_Z^* = \sigma_Z + d_1 \quad (4)$$

Časování C dává pro y , Z rovněž střelecká tabulka. Při tom stačí určití dvě ze tří veličin y , Z , τ_Z , jelikož třetí je již dána vztahem

$$y = Z \cdot \sin \tau_Z \quad (5)$$

V principu tedy indirektní střelba vyžaduje určení polárních souřadnic σ_Z , τ_Z , Z bodu zásahu Z .

Stroje, jež problém indirektní střelby na letadla řeší, užívají však

nebo svírá s úrovní hlavně jen tak malý úhel, že vzniklé chyby možno zanedbat. Ovšem snahou řešitele musí býti řešení obecné, platné i pro šikmé lety (na př. sklouzavý let).

Obecné řešení toto napsáno v rovnicích, vyžaduje zjištění šesti na sobě nezávislých veličin (proměnných), ustanovení doby $\underline{b}$ a výpočtu doby $\underline{k}$, jež jest implicitní funkcí: samých sebe, dále doby $\underline{b}$ a zmíněných šesti veličin, zjištěných v okamžiku měření. Řešení jest jednoznačné.

Předpoklad, že přímka letu cíle je horizontální, restringuje počet nutných veličin, zjišťovaných v okamžiku měření, na pět. Je-li řešení přes to založeno na zjišťování šesti veličin, jako tomu jest u veličin strojů, měřících úhlové rychlosti, nastává mezi zjištěnými těmito šesti veličinami vazba, jež vlastně praví, že přímka letu cíle jest přímkou horizontální.

Tři z šesti uvedených veličin jsou pro všechny typy řešení stejné, totiž jsou to polární souřadnice σ_M , τ_M , M bodu měření M , jelikož souřadnice tyto dává bezprostředně dálkoměr zaměřený na cíl. Metody indirektní střelby, po př. projekty veličin strojů, liší se pak již volbou dalších tří nezávisle proměnných.

a) U elektrického veličního stroje Dra. Želíška, činného v roce 1918 na rakousko-uherské frontě v Gorco di Molini, dále u projektu mechanického stroje r. u. majora Karabtze — projekt neproveden — a u projektu hydro-mechanického stroje inž. Dobrovského z Vrchlabí — rovněž neproveden — jsou za další tři proměnné zvoleny: přírůstek vzdálenosti za dt čili $\frac{dM}{dt}$ a úhlové rychlosti $\frac{d\sigma_M}{dt}$, $\frac{d\tau_M}{dt}$.

$\frac{dM}{dt}$ lze rovněž vyjádřit pomocí úhlové rychlosti válečku distančního na dálkoměru.

Stroje tyto lze tedy dáti do jedné skupiny strojů s úhlovými rychlostmi.

b) Starší návrh inž. Dobrovského užívá za další tři nezávislé proměnné tři k sobě kolmé komponenty rychlosti letadla, a to: vertikální komponentu, horizontální komponentu ležící ve vertikální rovině proložené dělem a cílem v okamžiku měření a horizontální komponentu, kolmou k oběma předešlým.

c) Ve svém projektu elektromechanického veličního stroje, beru následující další tři proměnné: C_y t. j. vertikální komponentu rychlosti letadla, C_1 = horizontální komponentu této rychlosti a buď a) úhel směru letu α_M , t. j. úhel sevržený horizontálním průmětem vzdálenosti cíle a horizontálním průmětem dráhy cíle v okamžiku měření nebo b) vzdálenost n baterie od horizontálního průmětu dráhy cíle.

d) Metody indirektní střelby za pomoci tabulek povelů, jakož pak i tabulky tyto, počítají jen s horizontálním letem cíle.

Metody a tabulky pak se liší dle toho, jsou-li či nejsou děla řízena během střelby ústředním zaměřovacím strojem (elektricky).

Neboť v případě prvním jest počítati změny rayonu, úhlu polohy a vzdálenosti cíle (časování střely), co rozdílý podmíněné růzností polohy bodu zásahu a bodu výstřelu (t. j. bodu, v němž letadlo jest v okamžiku výstřelu). V případě druhém však zmíněné změny podmíněny jsou růzností polohy bodu zásahu a bodu měření.

Za další nezávislé proměnné — zde jen dvě — volí buď dvojici c , α_M nebo c , n , kdež n značí vzdálenost baterie od horizontálního průmětu dráhy cíle. Volba poslední dává metodu citlivější, přesnější střelbu, vyžaduje ovšem pomocného stroje t. zv. „registrátoru kursu letadla“. Za předpokladu, že letadlo po celé dráze letí v přímce, tedy že vůbec nevybočí ze svého směru letu a za předpokladu, že jsou správně zjištěny veličiny y = výška cíle nad horizontem, c = rychlost cíle, n = vzdálenost kursu, dávají nám tabulky

závislost všech tří prvků střelby již jen jedinečně na jedné proměnné M (měřená vzdálenost), jelikož prvý předpoklad činí y, c, n konstantami. To jest zřejmou výhodou pro vyhledávání prvků střelby v tabulkách a pro rychlé velení.

Tuto metodu střelby nazýváme metodou střelby dle kursu — veličinu n nazýváme vzdáleností kursu. Metoda tato však dosud provedena nebyla, jelikož nejsou pro ni propočítány tabulky povelů. Metodu s dvojicí c, z_M nazýváme, obdobně jako při střelbě direktní, střelbou dle směru. Pro střelbu indirektní nebyla dosud rovněž provedena, jelikož nemáme vypočítaných tabulek a ústředních řídicích strojů.

III. Odvození vzorců pro výpočet tabulek povelových pro střelbu indirektní.

$$\text{Plocha } \Delta B_{1,2} Z_1 P_1 = \frac{P_1 Z_1 \cdot n}{2} = \frac{B_{1,2} Z_1 \cdot B_{1,2} P_1 \sin \Delta \tau}{2} \quad (6)$$

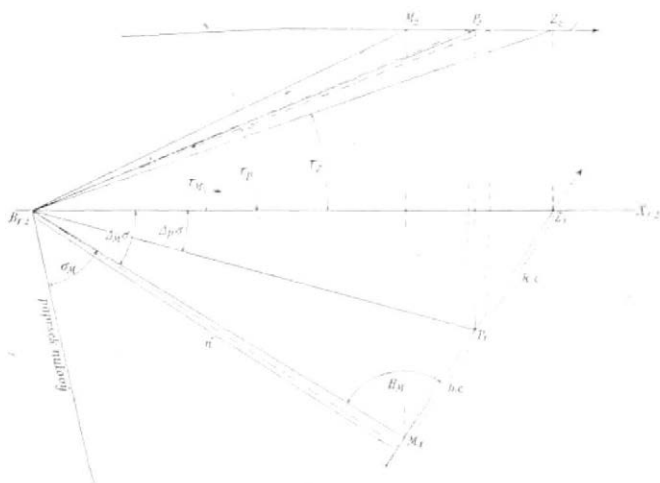
$$\text{tedy jest } \frac{P_1 Z_1 \cdot n}{2} = \frac{|Z^2 - y^2| \cdot |P^2 - y^2| \sin \Delta \tau}{2} \quad (7)$$

Ale dráha $\frac{P_1 Z_1}{P_1} = \frac{P Z}{P} = c \cdot k$, kdež c = rychlost letadla, k = doba letu střely.

$$\text{Tudíž } \Delta \tau = \arcsin \frac{n \cdot k \cdot c}{|(P^2 - y^2)(Z^2 - y^2)|} \quad (8)$$

Úhel polohy letadla od výstřelu ku zásahu se změní o

$$\Delta \tau = \tau_Z - \tau_P = \arcsin \frac{y}{Z} - \arcsin \frac{y}{P} \quad (9)$$



Obr. 16.

vazba $n = \sqrt{M^2 - y^2} \cdot \sin z_M$. Jest tedy ad I. dáno M, y, c, n, b, k .

Z obrázku plynou vzorce:

$$P = \sqrt{M^2 + b^2 \cdot c^2 + |M^2 - y^2 - n^2| \cdot 2bc} \quad (10)$$

$$Z = \sqrt{M^2 + (b+k)^2 c^2 + 2(b+k)c |M^2 - y^2 - n^2|} \quad (11)$$

a již jsme našli, že

$$\Delta \tau = \arcsin \frac{n \cdot k \cdot c}{|(P^2 - y^2)(Z^2 - y^2)|} \quad (8)$$

$$\Delta \tau = \arcsin \frac{y}{Z} - \arcsin \frac{y}{P} \quad (9)$$

Z tabulky střelecké přísluší danému y a vypočtenému Z záměrný úhel τ_Z a průmět derivace ve velkých dílcích $d_l = \frac{640}{\pi} \cdot \frac{d}{\cos \tau_Z} = \frac{640}{\pi} \cdot \frac{d \cdot Z}{|Z^2 - y^2|} \quad (3')$

Poněvadž předpokládáme horizontální směr letu, tedy $y = \text{konst}$, nejsou tabulky roztrženy dle hodnot τ_M , ale dle hodnoty y .

Je tudíž vypočísti trojici veličin $Z, \Delta \tau, \Delta \tau$ ze stanovené doby b , vyřešené doby k a z měřených M, y, c a dále buď I.) pomocí měřené vzdálenosti kursu n nebo II.) pomocí měřeného úhlu směru z_M . Mezi n, z_M jest

Elektrický ústřední zaměřovací stroj přenáší souřadnice σ , τ , jež dostává zaměřením svého dalekohledu na cíl, elektricky spojitě na stupnice rayonu σ a elevačního úhlu ε u děl baterie.

Obsluha děl pak otáčí resp. elevuje dělo tak, aby příslušné značky děla byly stále v koincidenci s ručičkami stupnic ústředního zaměřovacího stroje. Je-li tedy dalekohled ústředního zaměřovacího stroje zaměřen na cíl, a nejsou-li stroji uděleny žádné prvky střelby, míří paralelně též všechny hlavně baterie na cíl, pronásledující jej v jeho letu.

Udělíme-li nyní stroji ještě prvky střelby (ve velkých dílcích)

$$\Delta^*_{\sigma} = \frac{640}{\pi} \left[\arcsin \frac{n \cdot k \cdot c}{\sqrt{(P^2 - y^2)(Z^2 - y^2)}} + \frac{d \cdot Z}{\sqrt{Z^2 - y^2}} \right] \dots (12)$$

$$\Delta^*_{\tau} = \Delta\tau + \tau_Z = \frac{640}{\pi} \left[\arcsin \frac{y}{Z} - \arcsin \frac{y}{P} + \arcsin \tau_Z \right] \dots (13)$$

a vypálíme-li děla v okamžiku uplynutí doby b sek po okamžiku měření, čili v okamžiku, když dálkoměr bude měřiti vzdálenost P , pak měla děla při výstřelu rayon σ_Z^* elevaci ε_Z^* odpovídající bodu zásahu, v němž se teoreticky střela srazí s cílem.

Aby střela též vybuchla v bodě Z , jest nutno obsluze děla elektricky nebo telefonicky označiti časování střely, odpovídající vzdálenosti Z a výšce cíle y . Časování toto musí tudíž býti též obsaženo v tabulkách povelů příslušných této metodě střelby.

Ad II. Použitím vzorce $n^2 = (M^2 - y^2) \cdot \sin^2 \alpha_M$ změni se jen prvé dva vzorce P , Z ; bude

$$P = \sqrt{M^2 + b^2 \cdot c^2 - 2bcM \cos \alpha_M} \dots (10')$$

$$Z = \sqrt{M^2 + (b+k)^2 \cdot c^2 - 2(b+k)cM \cos \alpha_M} \dots (11')$$

ostatní vzorce zůstávají beze změny.

Výhody ústředního zaměřovacího stroje jsou v jednotnosti střelby. Velitel baterie ovládá a řídí děla mnohem snáze a spolehlivěji, než jest tomu při střelbě direktní, kdy často na př. při celých hejnech letadel, nelze dělu označiti cíl, na nějž baterie střelí.

Další výhodou jest snazší korigování prvků střelby, na př. prostě po otočením pák na stroji.

Nemá-li baterie ústředního zaměřovacího stroje s funkcí nahoře popsanou, pak indirektní střelba musí počítati s rozdíly, podmíněnými růzností polohy bodu měření a bodu zásahu.

Jest potom ve velkých dílcích

$$\Delta_M \sigma = \frac{640}{\pi} \cdot \frac{n(b+k) \cdot c}{\sqrt{(M^2 - y^2)(Z^2 - y^2)}} \dots (14)$$

$$\Delta_M \tau = \frac{640}{\pi} \left[\arcsin \frac{y}{Z} - \arcsin \frac{y}{M} \right] \dots (15)$$

a velitel velí dělům tyto prvky střelby:

$$\sigma_Z^* = \sigma_M + \frac{640}{\pi} \left[\frac{d \cdot Z}{\sqrt{Z^2 - y^2}} + \frac{n(b+k)c}{\sqrt{(M^2 - y^2)(Z^2 - y^2)}} \right] \dots (16)$$

$$\varepsilon_Z = \tau_M + \frac{640}{\pi} \left[\tau_Z + \arcsin \frac{y}{Z} - \arcsin \frac{y}{M} \right] = \frac{640}{\pi} \left[\arcsin \frac{y}{Z} + \tau_Z \right] \dots (17)$$

$\hat{C}_Z$ odpovídající Z , y ze střeleckých tabulek, při čemž veličiny τ_M , ε_Z , σ_M , σ_Z^* jsou tu dány ve velkých dílcích (velký dílec = 5 obyčejných dílců).

$$\text{Hodnoty } \varepsilon_Z, \hat{C}_Z, \Delta_M^* \sigma = \frac{640}{\pi} \left[\frac{d \cdot Z}{\sqrt{Z^2 - y^2}} + \frac{n(b+k)c}{\sqrt{(M^2 - y^2)(Z^2 - y^2)}} \right]$$

by mohly zase býti propočítány v tabulkách, avšak zbyla by proměnná σ_M , k níž by bylo nutno algebraicky ($\pm$) přičítati při každém měření a povelu z tabulek hodnotu $\Delta_M^* \sigma$.

Doba k zvětšuje se na $(b + k)$, tím zvětšují se též rozdíly $\Delta_M^* \sigma$, $\Delta_M^* \tau + \zeta$ a tudíž i možné chyby se zvětšují.

Z těchto důvodů lze rozhodnouti: indirektní střelba na letadla s tabulkami povelovými skýtá výhody, jen když baterie mají aspoň elektrický ústřední zaměřovací stroj.

Není-li takového stroje, nutno střeliti direktně.

IV. Na principu tomto jsou však založeny též velicí stroje. Některé z nich odečítají hodnoty σ_Z , ε_Z , ζ_Z přímo z grafické střelecké tabulky, na níž jsou též křivky k . Na př. stroj Forbathův, jenž byl proveden, ukázal se však prakticky nepotřebným*).

Však stroje tyto jsou příliš primitivní, aby mohly býti považovány za velicí stroje, jimiž rozumíme stroje, řešící prvky střelby. Z primitivnosti jejich a diskontinuity při stanovení doby k a tím zaviněné diskontinuity volby okamžiku výstřelu vyplývá u nich velké snížení rychlosti palby baterie, jakož i značné zpoždění b . Pro hodnoty $\Delta\sigma$, $\Delta\tau$, řešené těmito stroji platí vzorce (14) (15), jsou tudíž hodnoty tyto zatíženy značnou možností chyb, tím větší, čím větší b jest odečteno na rychlostním měřítku stroje.

Doba b stává se proměnnou ($b = t - k$), závislou od volby času t postaveného na rychlostním měřítku a doby k , odečtené pod hrotem rychlostního měřítka na grafické tabulce střelecké ve stroji.

Myšlenka základní však ukazuje cestu k řešení, jež bude uspokojivým teprve, až stroj nebude vykazovati výše uvedených chyb, až doba b bude co možno malou, volitelnou konstantou, až stroj bude spojitě řešiti dobu k letu střely a na základě této spojitosti dovolí spojitě a rychle za sebou voliti okamžiky výstřelu baterie.

Stroj Schöniánův, jenž byl v posledních letech války zaveden v německé armádě na západní frontě německé, klade si za úkol mechanicky zjistiti prvky střelby pro a) střelbu direktní, b) indirektní, c) polodirektní.

Však aby dostal již i jen jednomu z těchto tří úkolů, pro něž chce býti schopen, na př. výpočtu prvku indirektní střelby, musí zaváděti hrubé přibližnosti, resp. zjednodušovati si úlohu neoprávněnými předpoklady.

Schönián snaží se ve svém stroji rozřešiti úkol prostorovým, zmenšeným (1:40.000) zobrazením trojúhelníka $\hat{B} M Z$, resp. pro střelbu direktní $B P Z$ (Stranu $\overline{M Z}$ (resp. $\overline{P Z}$) počítá co součin $c \cdot (b + k)$ resp. $c \cdot k$. Rychlost c měří stroj. Klade $k = k_M + \Delta k$, kdež k_M odečítá z grafické tabulky co dobu letu střely k bodu měření.

Jak již uvedeno jest $k = \varphi(M, \tau_M, \varepsilon, C, b, k)$

a tedy též $\Delta k = \psi(M, \tau_M, \varepsilon, C, b, k, \Delta k)$.

Schönián zjednodušuje si úlohu tím, že klade pouze

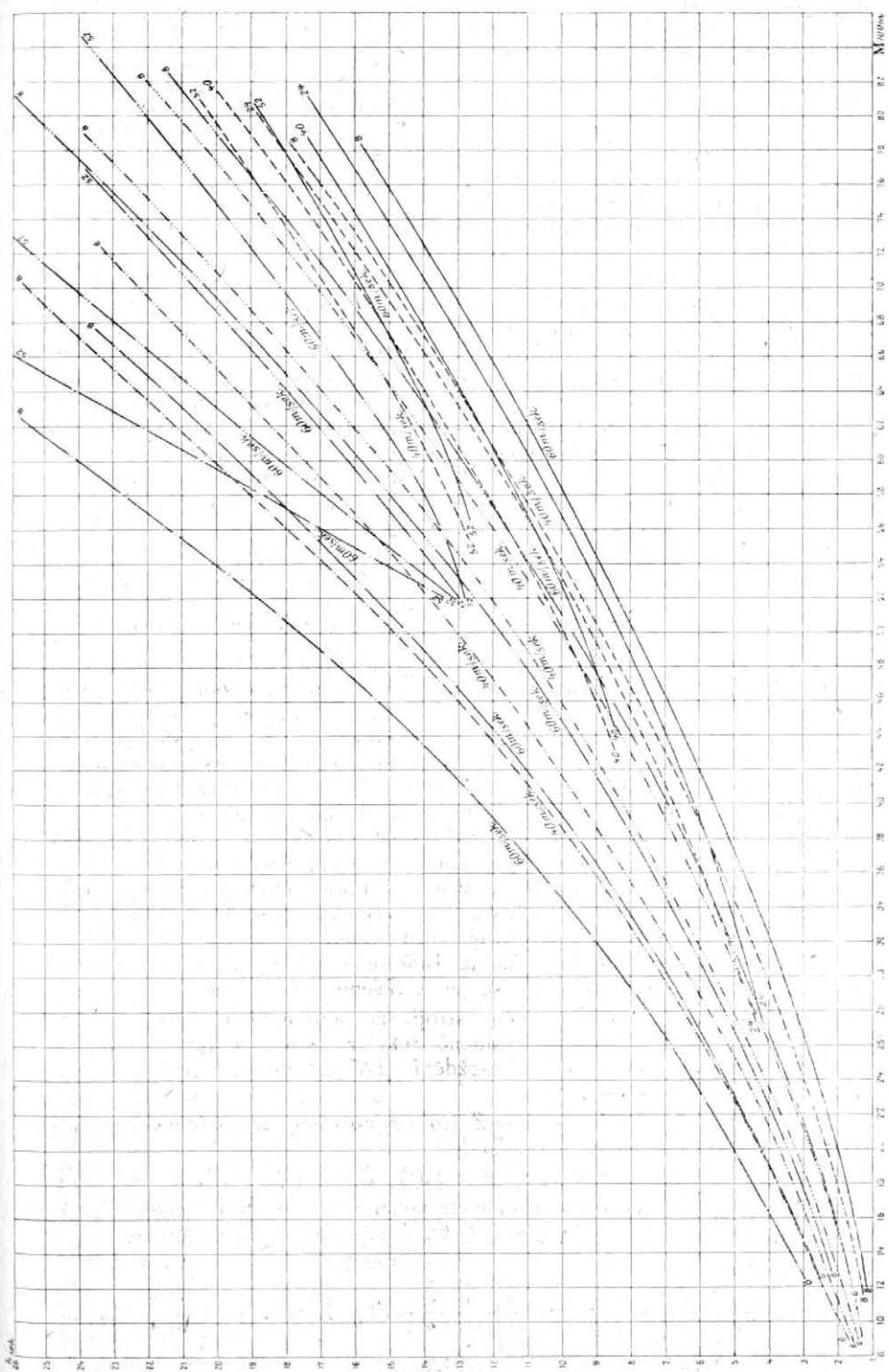
$$\Delta k = \chi(M, \varepsilon, C),$$

čině tak diferenci Δk nezávislou na veličinách τ_M , b a čině z ní funkci explicitní.

Při tom však jde ještě dále tvrzením, že lze zavést — však jakým právem? — závislost mezi proměnnými M, ε, C a tak dostati Δk vlastně co funkci jen dvou proměnných a řešiti ji prostorově křivými plochami.

Vedle toho teoretické řešení Schöniánovo vykazuje ještě jiné hrubé přibližnosti. Mohu stroj posuzovati jen dle schematického elaborátu skizz a slov-

*) Registrátor kursu H r n ě i ř - Metznerův shoduje se v myšlence se strojem Forbathovým, má však možnost všeobecnějšího užití. Lze ho užití ku př. ku měření rychlosti letadla c , ku měření úhlu ε_M , vzdálenosti kursu n a tudíž co pomocného stroje pro tabulkovou střelbu direktní, jakož i co pomocného stroje pro tabulkovou střelbu indirektní u baterií opatřených ústředním zaměřovacím strojem.



ného doprovodu k nim. Zdá se však, že práce s ním by byla značně složitá, jelikož stroj vyžaduje velmi mnoho stavění a odečítání na mnoha stupnicích, čímž by však jistě byla doba zpoždění b značně zvlečena. Jest na př. pro indirektní střelbu nutno postavit 9 ukazovatelů na 9 škálách a pak odečísti na jiných škálách 8 prvků, což vše mají vykonati 4 muži. Prvky střelby jest ještě veleti dělům, jež dle nich vystřelí. To vše má se státi během co nejkratšího zpoždění b . Patrně, že kdyby tím b mělo vzrůst, po př. kdyby měla vzrůst posádka obsluhující tento velicí stroj, ztrácel by však aparát i co „praktický“ stroj na ceně.

Stroj Schöonianův předpokládá rovněž horizontální let cíle. Mrtvý prostor nad baterií, zaviněný konstrukcí stroje, není v elaborátu stanoven.

Prvý projekt inž. Dobrovského spočívá na komponentách rychlosti cíle. Projekt vyžadoval pro každé určení prvků střelby, tedy pro každý výstřel baterie, vždy nové změnění velikosti těchto komponent. Základu tuto bylo by lze odstraniti rozkladem rychlosti C ve tři pevné, k sobě kolmé směry. Však není přístroje, jenž by dovedl komponenty tyto co do velikosti určit, návrh takového určení, jak jej podával inž. Dobrovský, naprosto neuspokojuje. Celé řešení jest sice tedy teoreticky zcela správné, však prakticky troskotá již pro volbu komponent rychlosti C co do dalších tří nezávislých proměnných (vedle σ_M, τ_M, M). Však i vedle toho jest další řešení počítacího stroje (dle návrhu) naprosto neupotřebitelné. Návrh mechanického počítacího stroje vyžaduje na př. obsluhy 17 lidí.

V. Stroje s úhlovými rychlostmi.

Šesti veličinami $\sigma_M, \tau_M, M, \frac{d\sigma}{dt}, \frac{d\tau}{dt}, \frac{dM}{dt}$ jest dán jednoznačně bod zásahu Z a tedy i prvky střelby za obecného předpokladu, že cíl od bodu měření k bodu zásahu zachovává rychlost i směr letu po (libovolně) šikmé přímce, na níž proletěl bodem M . Šest těchto veličin lze snadno, jednoduše realizovati strojem. Myšlenka tato vedla řešitele problému k přemýšlení o velicím stroji s úhlovými rychlostmi a přinesla již některá řešení. Však úkol tento je dosud nedořešen. Návrh inženýra Dobrovského zůstává dosud jen návrhem, jehož řešení theoretické jest sice přesné, však jehož praktické provedení na hydraulicko-mechanickém principu jest jednak nedořešeno, jednak by pravděpodobně v navrhované formě bylo sotva upotřebitelné a přes značnou projektovanou váhu sotva dávalo prvky střelby v mezích chyb, jež by bylo možno tolerovati. Stroj majora Karabtze se vymyká posudku, jelikož zůstal tajemstvím vynálezce a neprovedeným projektem.

Stroj Dra. Techn. Želiska, jak již jsme se zmínili, byl proveden a zkoušen na bojišti. Stroj tento spokojuje se jen s řešením přibližným.

Dr. Želisko řekl o svém stroji, že automaticky násobí rychlosti zpožděním a dobou letu, a výslovně řekl, že stroj neintegruje tudíž rychlosti tyto přes dobu letu a zpoždění. To jest důležité pro teorii stroje a posudek jeho přesnosti.

Veličiny σ, τ , vzdálenost cíle Z jsou vyjadřitelny za uvedených již předpokladů — jen co funkce času. Tedy

$$\sigma = \varphi_1(t); \tau = \varphi_2(t); Z = \varphi_3(t). \dots \dots \dots (18)$$

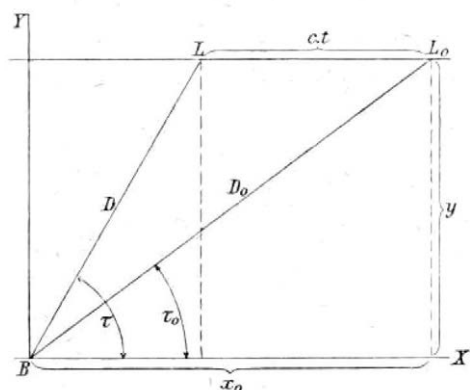
Stroj pak má vypočísti z daných veličin σ_M, τ_M, M co funkce t_M veličiny σ_Z, τ_Z, Z co funkce $(t_M + b + k)$. Tedy přesné řešení by bylo:

$$\sigma_Z = \sigma_M + \int_{t_M}^{t_M + b + k} \frac{d\sigma}{dt} dt; \tau_Z = \tau_M + \int_{t_M}^{t_M + b + k} \frac{d\tau}{dt} dt; Z = M + \int_{t_M}^{t_M + b + k} \frac{dM}{dt} dt \dots (19)$$

Dle slov vynálezcových však stroj dává jen řešení

$$\sigma_Z = \sigma_P + \left(\frac{d\sigma}{dt}\right)_P \cdot k^\circ; \tau_Z = \tau_P + \left(\frac{d\tau}{dt}\right)_P \cdot k^\circ; Z = M + \left(\frac{dM}{dt}\right)_M \cdot (b + k^\circ) \quad (20)$$

Chceme posouditi, jaké chyby dává nám toto řešení přibližné. To jest nám jedním z důvodů, proč jest zapotřebí hlouběji, úplně prostudovati průběh veličin $M, \frac{dM}{dt}, \sigma, \frac{d\sigma}{dt}, \tau, \frac{d\tau}{dt}$ za předpokladu letu cile po šikmé přímce.



Obr. 17.

Z obrázku resp. derivováním plynou následující serie vzorců:

$$D = \sqrt{y^2 + (x_0 - ct)^2}; \tau = \arctg \frac{y}{x_0 - ct}; \sigma = konst \quad (21a)$$

$$D' = \frac{dD}{dt} = \frac{-c(x_0 - ct)}{\sqrt{y^2 + (x_0 - ct)^2}} = -\frac{cx}{D} = -c \cdot \cos \tau \quad (22a)$$

$$\tau' = \frac{d\tau}{dt} = \frac{c \cdot y}{y^2 + (x_0 - ct)^2} = \frac{c \cdot y}{D^2} = \frac{c \cdot \sin \tau}{D} \quad (23a)$$

$$\sigma' = 0 \quad (24a)$$

Ze vzorců těchto dostáváme hodnoty konstant c, y, ρ vyjádřeny veličinami určenými měřením:

$$c = -\frac{D'}{\cos \tau} = \frac{D \cdot \tau'}{\sin \tau} \quad (25a)$$

$$y = D \cdot \sin \tau \quad (5a)$$

$$\rho = \sigma_0 \quad (26a)$$

Dále jest $x_0 = D_0 \cos \tau_0$. Dosadíme-li tyto hodnoty do vzorců pro D, τ dostaneme

$$D = \sqrt{D_0^2 + 2D_0D_0' \cdot t + D_0'^2 \cdot t^2 \cdot \sec^2 \tau_0} = \sqrt{D_0^2 + D_0'^2 \tau_0'^2 t^2 \operatorname{cosec}^2 \tau_0 - 2D_0'^2 \tau_0' t \cotg \tau_0} \quad (27a)$$

$$\tau = \arctg \frac{D_0 \sin \tau_0 \cdot \cos \tau_0}{D_0 \cos^2 \tau_0 + D_0' t} = \arctg \frac{\sin \tau_0}{\cos \tau_0 - \tau_0' t \cdot \operatorname{cosec} \tau_0} \quad (28a)$$

$$\sigma = \sigma_0 \quad (29a)$$

Čili známe-li t , jež má uplynouti mezi okamžikem měření a okamžikem zásahu, jsou polární souřadnice σ, τ, D bodu zásahu v tomto případě [$\sigma = \sigma_0 = \rho, y = konst$] už měřením jen tří veličin ze čtyř veličin $D_0, D_0', \tau_0, \tau_0'$, neboť jest mezi těmito vazba: $D\tau' + D' \cdot tg \tau = 0$. (30a)

Případ b): Letadlo letí po horizontální přímce L_0L neprotínající vertikálu Y baterie B . Mapová vzdálenost přímky letu budiž $z = konst$. Vedle toho je též $y = konst$.

Vyvození vzorců pro vzdálenost letadla $= D$, úhel polohy $= \tau$, úhel stranový $= \sigma$, rychlosti $\frac{dD}{dt}, \frac{d\tau}{dt}, \frac{d\sigma}{dt}$. Čas t počítáme od okamžiku $t = 0$, v němž měření dává nám hodnoty D_0, τ_0, σ_0 a rychlost D'_0, τ'_0, σ'_0 (čárkování značí derivaci).

Případ a): Letadlo letí po horizontální přímce protínající vertikálu Y děla. Letí konstantní rychlostí c m/sek. Přímku proložená vertikální rovina svírá tudíž s nulovým směrem stupnice stranové konstantní úhel $\sigma = \rho$. Dále jest též $y = konst$.

Zase z obrázku, respektive derivováním plynou následující serie vzorců:

$$\left. \begin{aligned} D &= \sqrt{(x_0 - ct)^2 + y^2 + z^2} \\ \tau &= \arctg \frac{y}{\sqrt{(x_0 - ct)^2 + z^2}} \\ \sigma &= \rho + \arctg \frac{z}{x_0 - ct} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (21b)$$

$$D' = \frac{-c(x_0 - ct)}{\sqrt{(x_0 - ct)^2 + y^2 + z^2}} = \frac{-c \cdot x}{D} = -c \cdot \cos \tau \cdot \cos(\sigma - \rho) = -c \cdot \cos \tau \dots \dots \dots (22b)$$

$$\tau' = \frac{c \cdot y \cdot (x_0 - ct)}{[(x_0 - ct)^2 + y^2 + z^2] \sqrt{(x_0 - ct)^2 + z^2}} = \frac{c \cdot y \cdot \cos(\sigma - \rho)}{D^2} = \frac{c \cdot \sin \tau \cdot \cos(\sigma - \rho)}{D} \dots \dots \dots (23b)$$

$$\sigma' = \frac{c \cdot z}{(x_0 - ct)^2 + z^2} = \frac{c \cdot z}{D^2 \cdot \cos^2 \tau} = \frac{c \cdot \sin(\sigma - \rho)}{D \cdot \cos \tau} \dots \dots \dots (24b)$$

Ze vzorců těchto dostáváme zase hodnoty konstant C , y , ρ , Z vyjádřeny veličinami určenými měření, neboť platí pro $\frac{c}{D}$ vzorce

$$c = \frac{-D'}{\cos \tau \cdot \cos(\sigma - \rho)} = \frac{D \tau'}{\sin \tau \cdot \cos(\sigma - \rho)} = \frac{D \cdot \cos \tau \cdot \sigma'}{\sin(\sigma - \rho)} \dots \dots \dots (25b)$$

a rovněž platí vztah $D \tau' + D' \operatorname{tg} \tau = 0$ charakterisující horizontální let. Vazba tato vyplývá z nadbytečného počtu tří rovnic právě napsaných, z nichž jest určití jen dva parametry c , ρ . Proto k určení jich a tedy též k určení bodu zásahu stačí měření kterýchkoliv dvou párů veličin D' , σ' nebo τ' , σ' .

Vyřešením dostaneme:

$$\begin{aligned} \rho &= \sigma - \arctg \left[\frac{\sigma'}{2 \tau'} \cdot \sin 2 \tau \right] \\ &= \sigma + \arctg \left[\frac{D \sigma'}{D'} \cdot \cos^2 \tau \right] \end{aligned} \quad (26b)$$

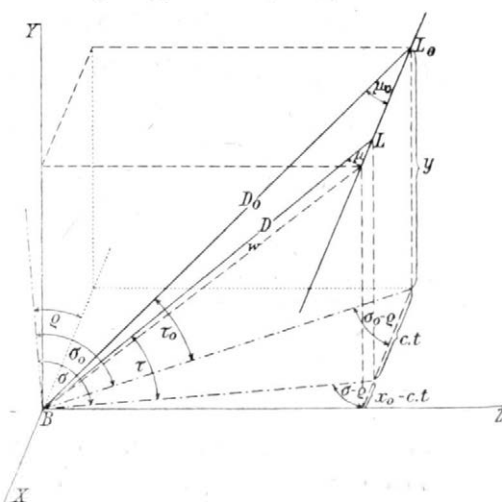
$$\begin{aligned} c &= \sqrt{D'^2 \sec^2 \tau + D^2 \sigma'^2 \cos^2 \tau} \\ &= D \sqrt{\tau'^2 \operatorname{cosec}^2 \tau + \sigma'^2 \cos^2 \tau} \end{aligned} \quad (31b)$$

a z obrázku resp. použitím nalezených vzorců plyne

$$Z = \frac{D^2 \cdot \sigma'^2 \cdot \cos^2 \tau}{\sqrt{D'^2 \sec^2 \tau + D^2 \sigma'^2 \cos^2 \tau}} = \frac{D \cdot \sigma' \cdot \cos^2 \tau}{\sqrt{\tau'^2 \operatorname{cosec}^2 \tau + \sigma'^2 \cos^2 \tau}} = \frac{D \cdot \sigma' \sin^2 2 \tau}{D^2 \cdot \sigma' \cdot \cos^2 \tau} = \frac{C}{2 \sqrt{4 \tau'^2 + \sigma'^2 \sin^2 2 \tau}} \dots \dots \dots (32b)$$

$$y = D \cdot \sin \tau \dots \dots \dots (5b)$$

$$\begin{aligned} x_0 - ct &= D \cdot \cos \tau \cdot \cos(\sigma - \rho) = \frac{D \cdot D'}{\sqrt{D'^2 \sec^2 \tau + D^2 \sigma'^2 \cos^2 \tau}} = \\ &= -\frac{D \cdot D'}{C} \dots \dots \dots (33b) \end{aligned}$$



Obr. 18.

nebo též $x_0 - ct = \frac{D^2 \cdot \tau'}{c \cdot tg \tau} = \frac{D^2 \cdot \tau'}{tg \tau \sqrt{D^2 \cdot \tau'^2 \operatorname{cosec}^2 \tau + D^2 \cdot \sigma'^2 \cos^2 \tau}} \cdot (34b)$

V okamžiku $t = 0$ jest $x_0 - ct = x_0$, měřené hodnoty jsou $D_0, \tau_0, \sigma_0, D'_0, \tau'_0, \sigma'_0$.

Pišeme-li tedy v nalezených vzorcích všude u těchto hodnot index 0 a dosadíme do původních rovnic pro D , τ , σ takto nalezené hodnoty ρ , C , z , y , x_0 , bude:

$$\text{čili } D = \sqrt{D_0^2 + 2 D_0 D_0'^2 \cdot t + [D_0'^2 \sec^2 \tau_0 + D_0^2 \sigma_0'^2 \cos^2 \tau_0] \cdot t^2} \quad (27b)$$

$$[D_0'^2 + 2D_0'^2 \tau_0' \cotg \tau_0' \cdot t + [D_0'^2 \cdot \tau_0'^2 \operatorname{cosec}^2 \tau_0' + D_0'^2 \cdot \sigma_0'^2 \cos^2 \tau_0'] \cdot t^2]$$

dále τ vyjádřeno pomocí τ_0 , τ'_0 , σ'_0 , t

$$\tau = \arctg \frac{\sin \tau_0}{\sqrt{\cos^2 \tau_0 - 2t\tau'_0 \cotg \tau_0 + t^2(\tau'^2_0 \operatorname{cosec}^2 \tau_0 + \sigma'^2_0 \cos^2 \tau_0)}}$$

nebo též

$$\tau = \arctg \frac{2 \sin^2 \tau_0}{\sin^2 2\tau_0 - 4 t \tau'_0 \sin 2\tau_0 + t^2 (4 \tau_0'^2 + \sigma_0'^2 \sin^2 2\tau_0)} \quad (28b)$$

nebo τ vyjádřeno pomocí D_0 , τ_0 , D'_0 , σ'_0 , t jest

$$\tau = \arctg \frac{D_0 \sin \tau_0}{\sqrt{D_0^2 \cos^2 \tau_0 - 2 D_0' + t^2 (D_0'^2 \sec^2 \tau_0 + D_0'^2 \sigma_0'^2 \cos^2 \tau_0)}}$$

a konečně σ vyjádřeno pomocí $\sigma_0, \tau_0, \sigma'_0, \tau'_0, t$ bude

$$\sigma = \sigma_0 - \text{arc tg} \frac{\sigma'_0}{2\tau'_0} \sin 2\tau_0 +$$

$$+ \operatorname{arctg} \frac{\sigma'_0 \cos^2 \tau_0}{\tau'_0 \cotg \tau_0 - t(\tau'_0 \operatorname{cosec}^2 \tau_0 + \sigma'^2_0 \cos^2 \tau_0)}$$

nebo též

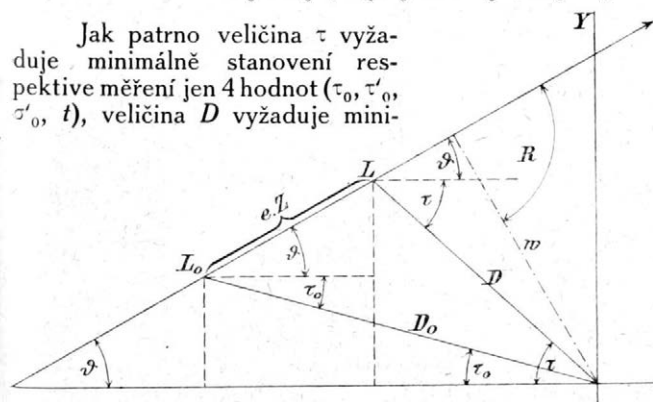
$$\sigma = \sigma_0 - \arctg \frac{\sigma'_0}{2\tau'_0} \sin 2\tau_0 + \arctg \frac{\sigma'_0 \sin^2 2\tau_0}{2\tau'_0 \sin 2\tau_0 - t(4\tau'^2_0 + \sigma'^2_0 \sin^2 2\tau_0)} \quad (29b)$$

a σ vyjádřeno pomocí $\sigma_0, \tau_0, D_0, D'_0, \sigma'_0, t$ jest

$$\sigma = \sigma_0 + \operatorname{arctg} \frac{D_0 \sigma'_0}{D'_0} \cos^2 \tau_0 -$$

$$- \operatorname{arctg} \frac{D_0^2 \sigma_0' \cos^2 \tau_0}{D_0' \cdot D_0 + t (D_0'^2 \sec^2 \tau_0 + D_0^2 \sigma_0'^2 \cos^2 \tau_0)}$$

Jak patrně veličina τ vyžaduje minimálně stanovení respektive měření jen 4 hodnot ($\tau_0, \tau'_0, \sigma'_0, t$), veličina D vyžaduje mini-



málně 5 daných veličin ($D_0, D'_0, \tau_0, \sigma'_0, t$) nebo ($D_0, \tau_0, \sigma'_0, t$); veličina σ vyžaduje rovněž minimálně 5 daných veličin ($\sigma_0, \tau_0, \sigma'_0, \tau'_0, t$).

Případ c):

Letadlo letí po
přímce $\overline{L_0 L}$ svíra-
jící s úrovní ústí děla
úhel ϑ a protína-

Obr. 19.

jící vertikálu Y baterie. Z obrázku respektive derivováním zase plyne:

$$\left. \begin{aligned} D &= \sqrt{D_0^2 - 2 D_0 c t \cos(\tau_0 + \vartheta) + c^2 t^2} \\ \tau &= \arctg \frac{D_0 \sin \tau_0 + c \cdot t \cdot \sin \vartheta}{D_0 \cos \tau_0 - c \cdot t \cdot \cos \vartheta} \\ \sigma &= \sigma_0 = \varphi \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (21c)$$

$$D' = \frac{dD}{dt} = \frac{c[c t \cdot D_0 \cos(\tau_0 + \vartheta)]}{D} = -c \cdot \cos(\tau + \vartheta) \dots \dots (22c)$$

$$\begin{aligned} \tau' &= \frac{D_0 \cdot c \cdot \sin(\tau_0 + \vartheta)}{D_0^2 + c^2 t^2 - 2 D_0 c t \cos(\tau_0 + \vartheta)} = \frac{D_0 \cdot c \cdot \sin(\tau_0 + \vartheta)}{D^2} = \\ &= \frac{c \cdot w}{D^2} = \frac{c \cdot \sin(\tau + \vartheta)}{D} \dots \dots \dots (23c) \end{aligned}$$

kde značí w = vzdálenost baterie od přímky, po níž letí cíl.

$$\text{Jest tedy} \quad c = \frac{-D'}{\cos(\tau + \vartheta)} = \frac{D \cdot \tau'}{\sin(\tau + \vartheta)} \dots \dots \dots (25c)$$

a platí tudíž vztah

$$tg(\tau + \vartheta) = -\frac{D \cdot \tau'}{D'}, \text{ čili } D \cdot \tau' + D' \cdot tg(\tau + \vartheta) = 0 \dots (30c)$$

Odtud vypočteme parametr ϑ pomocí měřených veličin $D_0, D'_0, \tau'_0, \tau_0$

$$\vartheta = \arctg \frac{-D_0 \cdot \tau'_0}{D'_0} - \tau_0 \dots \dots \dots (35a)$$

Dále jest

$$\sin(\tau_0 + \vartheta) = \frac{D_0 \cdot \tau'_0}{\sqrt{D_0'^2 + D_0^2 \tau_0'^2}}; \cos(\tau_0 + \vartheta) = \frac{-D'_0}{\sqrt{D_0'^2 + D_0^2 \tau_0'^2}} \dots \dots \dots (36c)$$

a tedy rychlost letadla jest

$$c = \sqrt{D_0'^2 + D_0^2 \tau_0'^2} \text{ kladné.} \dots \dots \dots (25c)$$

Ze vzorců pro $\sin, \cos(\tau_0 + \vartheta)$ plyne

$$\left. \begin{aligned} \sin \vartheta &= \frac{D_0 \tau'_0}{c} \cdot \cos \tau_0 + \frac{D'_0}{c} \cdot \sin \tau_0 \\ \cos \vartheta &= -\frac{D'_0 \cos \tau_0 + D_0 \tau'_0 \sin \tau_0}{c} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (36c)$$

Neznámé D, τ pak vyjádřeny pomocí $D_0, \tau_0, D'_0, \tau'_0, t$ jsou

$$D = \sqrt{D_0^2 + 2 t D_0 D'_0 + t^2 [D_0'^2 + D_0^2 \tau_0'^2]} \dots \dots \dots (27c)$$

$$\tau = \arctg \frac{D_0 \sin \tau_0 + t [D_0 \tau'_0 \cos \tau_0 + D'_0 \sin \tau_0]}{D_0 \cos \tau_0 - t [D_0 \tau'_0 \sin \tau_0 - D'_0 \cos \tau_0]} \dots \dots \dots (28c)$$

nebo jest též

$$\tau = \tau_0 + \arcsin \frac{t \cdot D_0 \cdot \tau'_0}{\sqrt{D_0^2 + 2 t \cdot D_0 D'_0 + t^2 [D_0'^2 + D_0^2 \tau_0'^2]}} \dots \dots \dots (28c)$$

Ku stanovení D jest třeba znáti čtyři veličiny D_0, D'_0, τ'_0, t ; ku stanovení τ však pět veličin $D_0, \tau_0, D'_0, \tau'_0, t$.

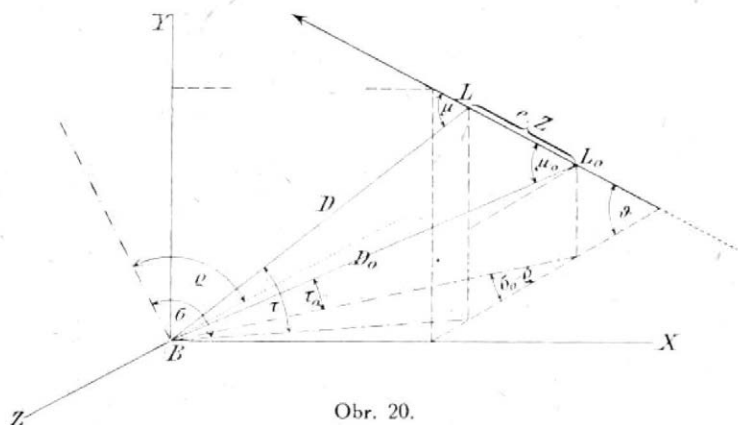
Případ obecný: Letadlo letí po šikmé přímce mimoběžně k vertikále děla a svírající úhel ϑ s úrovní hlavně.

Z obrázku plyne:

$$D = \sqrt{D_0^2 \cos^2 \tau_0 \sin^2 (\tau_0 - \rho) + [D_0 \cos \tau_0 \cos (\tau_0 - \rho) - c \cdot t \cdot \cos \vartheta]^2 + [D_0 \sin \tau_0 + c \cdot t \cdot \sin \vartheta]^2}$$

čili

$$D = \sqrt{D_0^2 + c^2 t^2 - 2 D_0 c t [\cos \tau_0 \cos \vartheta \cos (\tau_0 - \rho) - \sin \tau_0 \sin \vartheta]} \quad (21)$$



Obr. 20.

Avšak z $\triangle B L_0 L$ plyne dle věty cosinové

$$D = \sqrt{D_0^2 + c^2 t^2 - 2 D_0 \cdot c \cdot t \cos \mu_0} \quad (21')$$

jest tedy $\cos \tau_0 \cdot \cos \vartheta \cdot \cos (\tau_0 - \rho) - \sin \tau_0 \sin \vartheta = \cos \mu_0 \quad (37)$

Dále plyne z obrázku:

$$\tau = \arctg \frac{D_0 \sin \tau_0 + c t \sin \vartheta}{\sqrt{D_0^2 \cos^2 \tau_0 - 2 D_0 c t \cos \tau_0 \cos \vartheta \cos (\tau_0 - \rho) + c^2 t^2 \cos^2 \vartheta}} \quad (21)$$

$$\tau = \rho + \arctg \frac{D_0 \cos \tau_0 \cdot \sin (\tau_0 - \rho)}{D_0 \cos \tau_0 \cos (\tau_0 - \rho) - c \cdot t \cdot \cos \vartheta}$$

Derivováním dle času pak dostaneme

$$D' = \frac{c (c t - D_0 \cos \mu_0)}{\sqrt{D_0^2 + c^2 t^2 - 2 D_0 c t \cos \mu_0}} = \frac{-c (D_0 \cos \mu_0 - c t)}{D} = -c \cdot \cos \mu_0 \quad (22)$$

kde zase μ značí úhel sevřený záměrnou přímkou $\overline{BL}$ a směrem letu $\overline{L'L}$.

Dále

$$\tau' = \frac{c \cdot D_0 [D_0 \cos \tau_0 (\cos \tau_0 \sin \vartheta + \sin \tau_0 \cos \vartheta \cos (\tau_0 - \rho))]}{[D_0 + c^2 t^2 - 2 D_0 c t (\cos \tau_0 \cos \vartheta \cos (\tau_0 - \rho) - \sin \tau_0 \sin \vartheta)]} - \frac{c t \cos \vartheta (\sin \vartheta \cos \tau_0 \cos (\tau_0 - \rho) + \cos \vartheta \cdot \sin \tau_0)}{\sqrt{D_0^2 \cos^2 \tau_0 - 2 D_0 c t \cos \tau_0 \cos \vartheta \cos (\tau_0 - \rho) + c^2 t^2 \cos^2 \vartheta}} \quad (23)$$

$$\sigma' = \frac{c \cdot D_0 \cos \tau_0 \sin (\tau_0 - \rho) \cdot \cos \vartheta}{D_0^2 \cos^2 \tau_0 - 2 D_0 c t \cos \tau_0 \cos (\tau_0 - \rho) \cos \vartheta + c^2 t^2 \cos^2 \vartheta} \quad (24)$$

V okamžiku $t = 0$ jest

$$D'_0 = -c \cdot \cos \mu_0 = -c [\cos \tau_0 \cdot \cos \vartheta \cdot \cos (\tau_0 - \rho) - \sin \tau_0 \sin \vartheta] \quad (38)$$

$$\tau'_0 = \frac{c}{D_0} [\cos \tau_0 \sin \vartheta + \sin \tau_0 \cos \vartheta \cos (\tau_0 - \rho)] \quad (39)$$

$$\sigma'_0 = \frac{c}{D_0 \cos \tau_0} \sin (\tau_0 - \rho) \cdot \cos \vartheta \quad (40)$$

Těmito třemi rovnicemi jsou určeny parametry φ , ϑ , c pomocí měřených veličin D_0 , τ_0 , σ_0 , D'_0 , τ'_0 , σ'_0

Z rovnic (38), (39) dostaneme

$$\operatorname{tg} \vartheta = \cos(\sigma_0 - \varphi) \frac{D'_0 \sin \tau_0 + D_0 \tau'_0 \cos \tau_0}{D_0 \tau'_0 \sin \tau_0 - D'_0 \cos \tau_0} \quad (30_1)$$

Z rovnic (39), (40) jest

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{\tau'_0 \sin(\sigma_0 - \varphi) - \sigma'_0 \sin \tau_0 \cos \tau_0 \cos(\sigma_0 - \varphi)}{\sigma'_0 \cdot \cos^2 \tau_0} \quad (30_2)$$

Po srovnání a zjednodušení vyjde odtud:

$$\operatorname{tg}(\sigma_0 - \varphi) = \frac{D_0 \sigma'_0}{D_0 \tau'_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0} \quad (41)$$

čili jest

$$\varphi = \sigma_0 - \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{D_0 \sigma'_0}{D_0 \tau'_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0} \quad (26)$$

$$\left. \begin{aligned} \cos(\sigma_0 - \varphi) &= \frac{D_0 \tau'_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0}{\sqrt{(D_0 \tau'_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0)^2 + D_0^2 \cdot \sigma'^2_0}} \\ \sin(\sigma_0 - \varphi) &= \frac{D_0 \sigma'_0}{\sqrt{(D_0 \tau'_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0)^2 + D_0^2 \cdot \sigma'^2_0}} \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

Z rovnic (30₁), (30₂) pak jest

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \vartheta &= \frac{D'_0 \operatorname{tg} \tau_0 + D_0 \tau'_0}{\sqrt{(D_0 \tau'_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0)^2 + D_0^2 \cdot \sigma'^2_0}}, \\ \cos \vartheta &= \cos \tau_0 \sqrt{\frac{(D_0 \tau'_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0)^2 + D_0^2 \cdot \sigma'^2_0}{D'^2_0 + D_0^2 \tau'^2_0 + D_0^2 \cos^2 \tau_0 \sigma'^2_0}}, \\ \sin \vartheta &= \frac{D'_0 \sin \tau_0 + D_0 \tau'_0 \cos \tau_0}{\sqrt{D'^2_0 + D_0^2 \tau'^2_0 + D_0^2 \cos^2 \tau_0 \sigma'^2_0}} \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

Rovnice (40) nám pak dá:

$$c = \sqrt{D'^2_0 + D_0^2 (\tau'^2_0 + \sigma'^2_0 \cos^2 \tau_0)} \quad (25)$$

Užijeme-li při dosazování do vzorce pro D vztahu $\cos \mu_0 = -\frac{D'_0}{c}$, dostaneme snadno

$$D = \sqrt{D_0^2 + 2 D_0 D'_0 \cdot t + [D'^2_0 + D_0^2 (\tau'^2_0 + \sigma'^2_0 \cos^2 \tau_0)] \cdot t^2} \quad (27)$$

Kdyby bylo $\tau'_0 = 0$, $\sigma'_0 = 0$, nabyl by tento vzorec tvaru: $D = D_0 + D'_0 \cdot t$, což je rovnice prvního přiblížení, dle níž počítá D na př. velicí stroj Dra. Želíska. Zřejmě tento stroj při určování D zanedbává τ'_0 , σ'_0 .

Při výpočtu τ použijeme vztahů

$$\cos \tau_0 \cdot \cos \vartheta \cdot \cos(\sigma_0 - \varphi) = \cos^2 \tau_0 \cdot \frac{D_0 \tau'_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0}{c} \quad (43)$$

$$\begin{aligned} & \sqrt{D_0^2 \cos^2 \tau_0 - 2 D_0 c t \cos \tau_0 \cdot \cos \vartheta \cos(\sigma_0 - \varphi) + c^2 t^2 \cos^2 \vartheta} = \\ & = \cos \tau_0 \sqrt{D_0^2 - 2 D_0 (D_0 \tau'_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0) \cdot t + [(D_0 \tau'_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0)^2 + D_0^2 \sigma'^2_0] \cdot t^2} \quad (44) \end{aligned}$$

Bude pak $\tau =$

$$\operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{D_0 \sin \tau_0 + t (D'_0 \sin \tau_0 + D_0 \tau'_0 \cos \tau_0)}{\cos \tau_0 \sqrt{D_0^2 - 2 D_0 (D_0 \tau'_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0) t + [(D_0 \tau'_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0)^2 + D_0^2 \sigma'^2_0] \cdot t^2}} \quad (28)$$

nebo — jak z obrázku patrně — jest též

$$\tau = \operatorname{arc} \sin \frac{D_0 \sin \tau_0 + t (D'_0 \sin \tau_0 + D_0 \tau'_0 \cos \tau_0)}{\sqrt{D_0^2 + 2 D_0 D'_0 t + (D'^2_0 + D_0^2 [\tau'^2_0 + \sigma'^2_0 \cos^2 \tau_0]) \cdot t^2}} \quad (28')$$

Podobně dostaneme

$$\sigma = \rho + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{D_0^2 \cdot \sigma_0^2}{D_0 (D_0 \tau_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0) - t [(D_0 \tau_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0)^2 + D_0^2 \sigma_0^2]}, \quad (29')$$

čili po dosazení za ρ jest

$$\sigma = \sigma_0 - \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{D_0 \sigma_0^2}{D_0 \tau_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0} + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{D_0^2 \sigma_0^2}{D_0 (D_0 \tau_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0) - t [(D_0 \tau_0 \operatorname{tg} \tau_0 - D'_0)^2 + D_0^2 \sigma_0^2]}, \quad (29)$$

Vzorce (27), (28), (29) vyjadřují nám v nejkratším tvaru funkce D , τ , σ a sice jest D , resp. τ funkcí šesti proměnných (měřených či stanovených) veličin D_0 , τ_0 , D'_0 , τ'_0 , σ'_0 , t ; rayon σ jest funkcí sedmi veličin D_0 , τ_0 , σ_0 , D'_0 , τ'_0 , σ'_0 , t .

Závislost veličin D , τ , σ na čase t .

$$D = \sqrt{D_0^2 + c^2 t^2 - 2 D_0 c t \cos \mu_0}. \quad (21')$$

Ze vzorce jest patrné, že pro tytéž hodnoty D_0 , c , μ_0 dostanu tytéž křivky závislosti D na t . Tedy křivka $D^2 = D_0^2 - 2 D_0 c t \cos \mu_0 + c^2 t^2$ platí pro určitou rychlost letadla, pro všechny body na ploše kulové o poloměru D_0 a středu v baterii (béreme-li tyto body co body měření) a pro všechny směry letu, svírající se směrem D_0 úhel μ_0 .

Směry tyto jsou tudíž povrchovými přímkami rotačního kužele o vrcholu v bodě měření, vrcholovém úhlu $2 \mu_0$ a ose D_0 . Je-li $\mu_0 > \tau_0$ protíná tento kužel horizontální rovinu jdoucí bodem měření ve dvou přímkách a křivka $D^2 = D_0^2 - 2 D_0 c t \cos \mu_0 + c^2 t^2$ ovšem platí též pro tyto dva směry letu rovnoběžného s rovinou úrovně ústí děla.

Křivka jest hyperbolou. Rovnice má tvar $D^2 - \alpha t^2 - \beta t - \gamma = 0$. Provedme transformaci $t = t' + \delta$, dostaneme:

$$D^2 - \alpha t'^2 - (2 \alpha \delta + \beta) t' - \alpha \delta^2 - \gamma - \beta \delta = 0.$$

Zvolme

$$\delta = -\frac{\beta}{2 \alpha},$$

pak rovnice křivky nabude tvaru

$$D^2 - \alpha t'^2 + \frac{\beta^2}{4 \alpha} - \gamma = 0,$$

čili

$$\frac{D^2}{4 \alpha \gamma - \beta^2} - \frac{t'^2}{4 \alpha^2} = 1,$$

což jest středová rovnice hyperboly o poloosách

$$a_1 = \sqrt{\frac{4 \alpha \gamma - \beta^2}{4 \alpha}}; \quad b_1 = \sqrt{\frac{4 \alpha \gamma - \beta^2}{4 \alpha^2}} = \frac{a_1}{\alpha}.$$

Dosadíme-li zase zpět sem hodnoty $\alpha = c^2$, $\beta = -2 D_0 c \cos \mu_0$, $\gamma = D_0^2$, bude

$$a_1 = D_0 \cdot \sin \mu_0; \quad b_1 = \frac{D_0 \cdot \sin \mu_0}{c} \quad (45)$$

Poloosa a_1 jest minimální hodnotou, které může nabýti D , je to vzdálenost přímky, po níž cíl letí, od děla. Vzdálenost tato je tedy

$$D_{\min} = D_0 \cdot \sin \mu_0 \quad (46)$$

Poněvadž jest $\delta = -\frac{\beta}{2 \alpha} = \frac{D_0 \cdot \cos \mu_0}{c}$, jest $t = t' + \frac{D_0 \cos \mu_0}{c}$. Zvolíme-li nyní $c = 1$, t. j. jednotkou pro čas t tak velkou, aby se při rýsování našich

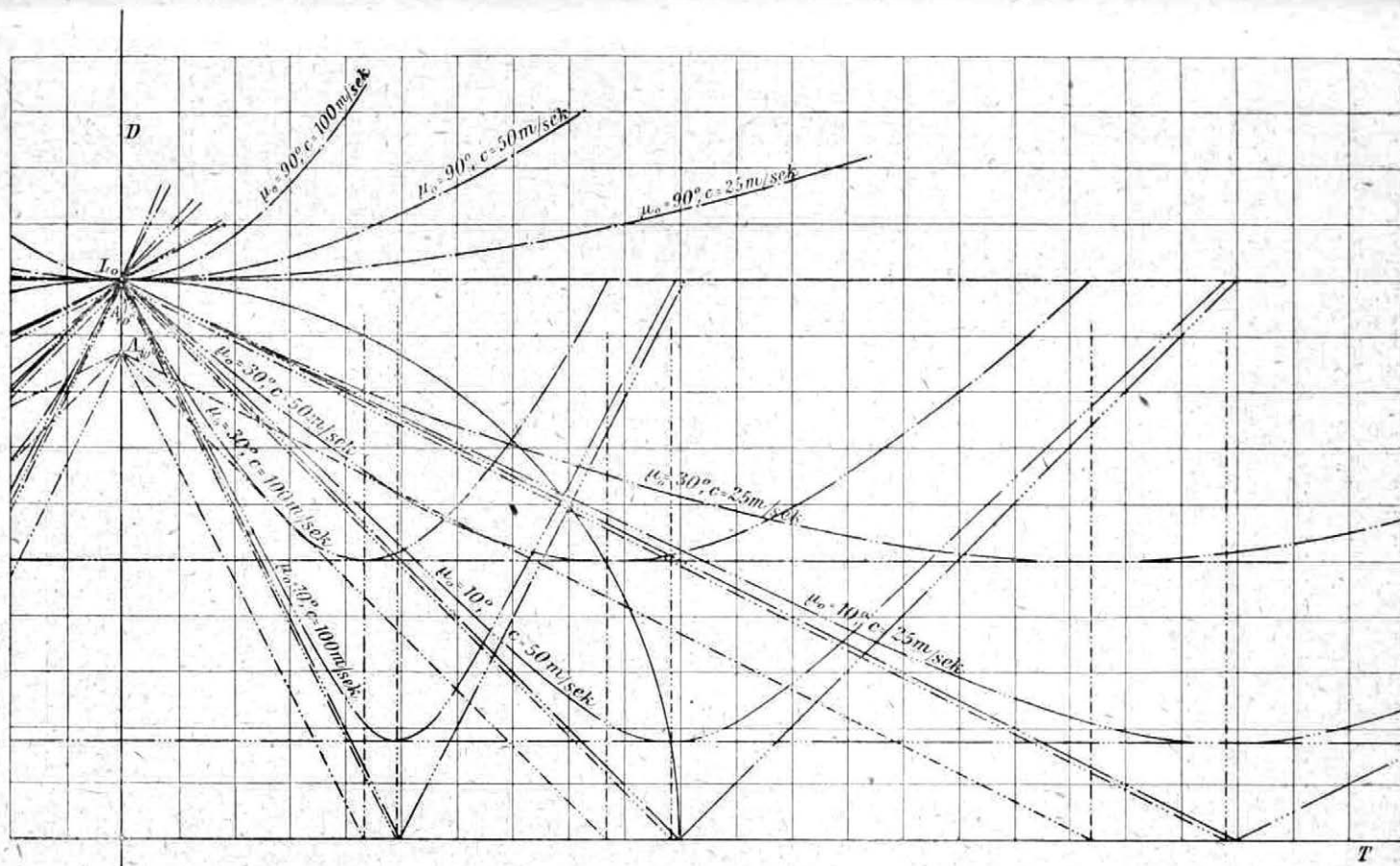


Diagram II.

hyperbol jednotka času rovnala $\frac{c}{k'}$ metrům na ose D , bude $b_1 = a_1$, naryšovaná hyperbola bude rovnoramennou.

Tak v obraze (přil. I.) zvolena rovnoramenná hyperbola za křivku rychlosti $c_1 = 50$ m/sek. Chceme-li pak na témže obraze znázorniti průběh D pro rychlost $c = k' \cdot c_1$, bude

$$b'_1 = \frac{D_0 \cdot \sin \mu_0}{k'_1 \cdot c_1} = \frac{b_1}{k'}; a'_1 = a_1 \cdot \dots \dots \dots (47)$$

Budiž dáno D_0, μ_0 .

Na př. $D_0 = 10.000$ m, $\mu_0 = 30^\circ$. Pro $c > c_1 = 50$ m/sek, dostáváme strmé hyperboly jdoucí bodem počátečního měření L_0 . Na př. naryšovaná hyperbola pro $c = 100$ m/sek.

Pro $c < c_1 = 50$ m/sek dostáváme ploché hyperboly jdoucí bodem L_0 .

Na př. naryšovaná hyperbola pro $c = 25$ m/sek.

Všechny hyperboly mají společnou tečnu ve svých vrcholech, vzdálenou 5000 m od baterie (od osy T).

Letadlo letící z bodu L_0 [$D_0 = 10.000$ m] pod úhlem $\mu_0 = 30^\circ$ rychlostí 100 m/sek, dosáhne na své přímce letu této minimální vzdálenosti od baterie za 87 sek. Letadlo s rychlostí poloviční ($c = 50$ m/sek) potřebuje doby dvojnásobné atd.

Všechny hyperboly jdou bodem L_0 . Jejich levé asymptoty pak všechny jdou bodem A_{μ_0} ($t = 0, D = D_0 \cos \mu_0$). Rovnice asymptoty levé pro $c = K' \cdot C_1$, ($C_1 = 1$) jest

$$y = D_0 \cdot \cos \mu_0 - k' \cdot x.$$

Hyperbol takových pro různá c a pro $\mu_0 = 30^\circ$ lze si naryšovati libovolný počet. Hyperboly nalevo od osy D , odpovídají záporným hodnotám $\frac{c}{k'}$ a nemají tedy praktického významu. Jen jejich prodloužení za bod L_0 na pravo od osy D má praktickou cenu (cíl, jenž se vzdaluje již od okamžiku měření).

Podobně rysovány byly hyperboly pro $\mu_0 < 90^\circ$ a pro rychlosti $c = 100$ m/sek, $c = 50$ m/sek, $c = 25$ m/sek. Dále pro $\mu_0 = 10^\circ$, též pro rychlosti 100 m/sek, 50 m/sek, 25 m/sek a konečně pro $\mu_0 = 0^\circ$ a stejné rychlosti, kdy hyperboly přejdou v přímky, stotožníce se se svými asymptotami.

Rychlost, s jakou přibývá resp. ubývá vzdálenost D s časem t jest v každém okamžiku Z dána derivací $\frac{dD}{dt} = D'$, tedy směrnici tečny k hyperbole vzdáleností D .

$$\text{Rovnice} \quad D = \sqrt{D_0^2 + c^2 t'^2 - 2 D_0 c t' \cdot \cos \mu_0} \quad \dots \dots \dots (21)$$

$$\text{bude po transformaci} \quad t' = t + \frac{D_0 \cos \mu_0}{c}$$

$$\text{vypadati následovně:} \quad \frac{D^2}{a_1^2} - \frac{t^2}{b_1^2} = 1,$$

kdež a_1, b_1 značí již uvedené hodnoty.

$$\text{Pak jest tedy} \quad D' = \frac{dD}{dt} = \frac{c \cdot t}{\sqrt{t^2 + b_1^2}} \quad \dots \dots \dots (48)$$

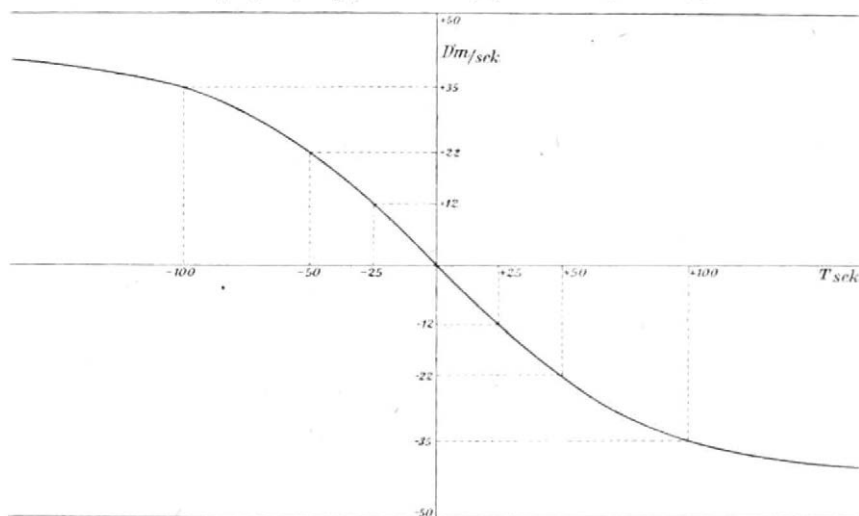
Rychlost $D' = \frac{dD}{dt}$ nabývá maxima pro

$$\frac{d^2 D}{dt^2} = \frac{c \cdot b_1^2}{(t^2 + b_1^2)^3} = \frac{c^2 \cdot D_0^2 \sin^2 \mu_0}{(c^2 t^2 + D_0^2 \sin^2 \mu_0)^3} = 0 \quad \dots \dots (49)$$

což jest pro hodnoty $t = \pm \infty$, čili pro cíl v nekonečno.

Rychlost D' se mění nejrychleji v okamžiku, kdy

$$\frac{d^3 D}{dt^3} = - \frac{3 c b_1^2 \cdot t}{\sqrt{(t^2 + b_1^2)^5}} = - \frac{3 c^4 D_0^2 \sin^2 \mu_0 \cdot t}{\sqrt{(c^2 t^2 + D_0^2 \sin^2 \mu_0)^5}} = 0 \quad (50)$$



Obr. 21.

což nastává pro $t = 0$. Tehdy má křivka D' inflexi, D'' jest maximum.

Pro $t = 0$ jest též $D' = 0$. Pro $t = \pm \infty$ jest $D'_{\max} = C$.

Pro $c = 50$ m/sek, $\mu_0 = 30^\circ$ bude $a_1 = 5000$ m, $b_1 = \frac{a_1}{c} = 100$ m,

$$D' = \frac{50 \cdot t}{\sqrt{t^2 + 10.000}}$$

Průběh D' (zaokrouhleno na celky) dává nám tato tabulka:

t	sek	$-\infty$	-100	-50	-25	0	+25	+50	+100	$+\infty$
D'	m/sek	-50	-35	-22	12	0	+12	+22	+35	+50

Průběh tento nám znázorňuje křivka v obraze 21.

Značí-li t dobu uplynulou od okamžiku měření (L_0) až k okamžiku zásahu (L_z), tedy $t = b + k$, kdež zase b = zpoždění, k = doba letu střely, pak jest

$$\begin{aligned} \Delta D &= \int_t^{t+b+k} \frac{dD}{dt} dt = \int_t^{t+b+k} \frac{c \cdot t \cdot dt}{\sqrt{t^2 + b_1^2}} = D_{t+b+k} - D_t = \\ &= c \sqrt{(t+b+k)^2 + b_1^2} - c \sqrt{t^2 + b_1^2}, \dots \dots \dots (51) \end{aligned}$$

čili rozdíl vzdáleností bodu zásahu a bodu měření jest

$$\Delta D = c [\sqrt{(t+b+k)^2 + b_1^2} - \sqrt{t^2 + b_1^2}] \dots \dots \dots (52)$$

v okamžiku $t = 0$ pak jest

$$\Delta D = c [\sqrt{(b+k)^2 + b_1^2} - b_1] = \sqrt{(b+k)^2 \cdot c^2 + a_1^2} - a_1 \quad (52)$$

$$\text{čili } \Delta D = \sqrt{(b+k)^2 \cdot c^2 + D_0^2 \sin^2 \mu_0} - D_0 \cdot \sin \mu_0.$$

V případě a) dostali jsme vzorec $\tau = \arctg \frac{y}{x_0 - ct'} \dots (21a)$

Zavedeme-li transformaci $x_0 - ct' = c \cdot t$ nový počátek času — začínáme počítati čas od okamžiku, kdy jest cíl nejbliže u baterie, totiž zde právě v jejím zenithu — dostaneme

$$\tau = \arctg \frac{y}{c \cdot t}; \quad \tau' = \frac{y \cdot c}{y^2 + c^2 t^2} \text{ vyjádřeno v radiantech } (53)$$

$$\text{čili } \tau = \frac{640}{\pi} \cdot \arctg \frac{y}{c \cdot t}; \quad \tau' = \frac{640}{\pi} \cdot \frac{y \cdot c}{y^2 + c^2 t^2} \text{ ve velkých dílcích } \dots (53')$$

Podobně v případě b) lze zjednodušiti vzorec

$$\sigma = \rho + \arctg \frac{D_0 \cos \tau_0 \cdot \sin(\tau_0 - \rho)}{D_0 \cos \tau_0 \cos(\tau_0 - \rho) - c \cdot t'} \dots (21b)$$

transformací $D_0 \cos \tau_0 \cos(\tau_0 - \rho) - ct' = -c \cdot t$ čili zavedením

$$t' = \frac{D_0 \cos \tau_0 \cos(\tau_0 - \rho) + ct}{c} = \frac{D_0}{c} \cos \tau_0 \cdot \cos(\tau_0 - \rho) + t.$$

Bude — píšeme-li zase $z = D_0 \cos \tau_0 \cdot \sin(\tau_0 - \rho)$ — v radiantech

$$\sigma = \rho + \arctg \frac{z}{c \cdot t}; \quad \sigma' = \frac{z \cdot c}{z^2 + c^2 t^2} \dots (54)$$

čili

$$\sigma = \frac{640}{\pi} \left[\rho + \arctg \frac{z}{c \cdot t} \right]; \quad \sigma' = \frac{640}{\pi} \cdot \frac{z \cdot c}{z^2 + c^2 t^2} \text{ velkých dílců } (54')$$

V okamžiku $t = 0$ jest mapová vzdálenost cíle $= z$.

Obecné vzorce pro τ, σ při šikmém letu nelze tak zjednodušiti.

Spokojíme se rozбором případů a) b) platných pro horizontální let cíle. Matematický rozbor těchto případů úplně postačí pro praktické použití, k němuž rozbor směřuje, totiž pro klasifikaci přesnosti a mezi chyb Dr. Želíska velicího stroje pro letadlové baterie.

Poslední vzorce (53), (54), (53') (54') pro τ, σ resp. τ', σ' jsou si podobné. z odpovídá y . Postačí tudíž zabývati se jen jedním z nich, na př. vzorcem pro σ . Matematické formy, jež tu najdeme, budou analogicky platiti i pro τ , Úhlová rychlost σ' nabývá maximální hodnoty pro

$$\frac{d\sigma'}{dt} = \frac{d^2\sigma}{dt^2} = -\frac{640}{\pi} \cdot \frac{2zc^3t}{(z^2 + c^2t^2)^2} = 0 \dots (55)$$

tedy pro $t = 0$, t. j. když mapová vzdálenost cíle má hodnotu minimální. Tehdy jest

$$\sigma'_{\max} = \frac{640}{\pi} \cdot \frac{c}{z} \dots (56)$$

Úhlová rychlost σ' pak se mění nejrychleji v inflexním bodě funkce

$$\sigma' = \frac{640}{\pi} \cdot \frac{z \cdot c}{z^2 + c^2 t^2} \dots (54')$$

tedy v bodě, v němž $\frac{d^2\sigma}{dt^2}$ nabývá hodnoty extrémní, čili když

$$\frac{d^3\sigma}{dt^3} = \frac{640}{\pi} \cdot \frac{2zc^3[3c^2t^2 - z^2]}{[z^2 + c^2t^2]^3} = 0 \dots (57)$$

$$\text{což nastává pro } t = \pm \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{z}{c} \dots (58)$$

$$\text{Tehdy jest } \frac{d^2\sigma}{dt^2} = \mp \frac{3\sqrt{3}}{8} \left(\frac{c}{z} \right)^2 \cdot \frac{640}{\pi} = \mp \frac{240\sqrt{3}}{\pi} \left(\frac{c}{z} \right)^2 \dots (59)$$

$$\sigma' = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{640}{\pi} \cdot \frac{zc}{z^2 + c^2} = \frac{3}{4} \cdot \frac{640}{\pi} \cdot \frac{c}{z} = \frac{3}{4} \cdot \sigma'_{\max} \quad (60)$$

Pro $t = \pm \infty$ jest $\sigma' = 0$.

Úhlové rychlosti σ' přibývá od $t = -\infty$ (kdy $\sigma' = 0$) zvolna, nejrychleji v bodě $t_x = -\frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{z}{c}$ (kdy $\sigma' = \frac{3}{4} \sigma'_{\max}$) až v okamžiku $t = 0$ dosáhne maximální hodnoty ($\sigma'_{\max} = \frac{640}{\pi} \cdot \frac{c}{z}$), načež klesá, nejrychleji v okamžiku $t_{xx} = +\frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{z}{c}$ (kdy zase $\sigma' = \frac{3}{4} \cdot \sigma'_{\max}$) a dále zvolna klesá, až v čase $t = +\infty$ bude $\sigma' = 0$. Osa času jest v kladném i záporném svém směru asymptotou symetrické křivky σ' .

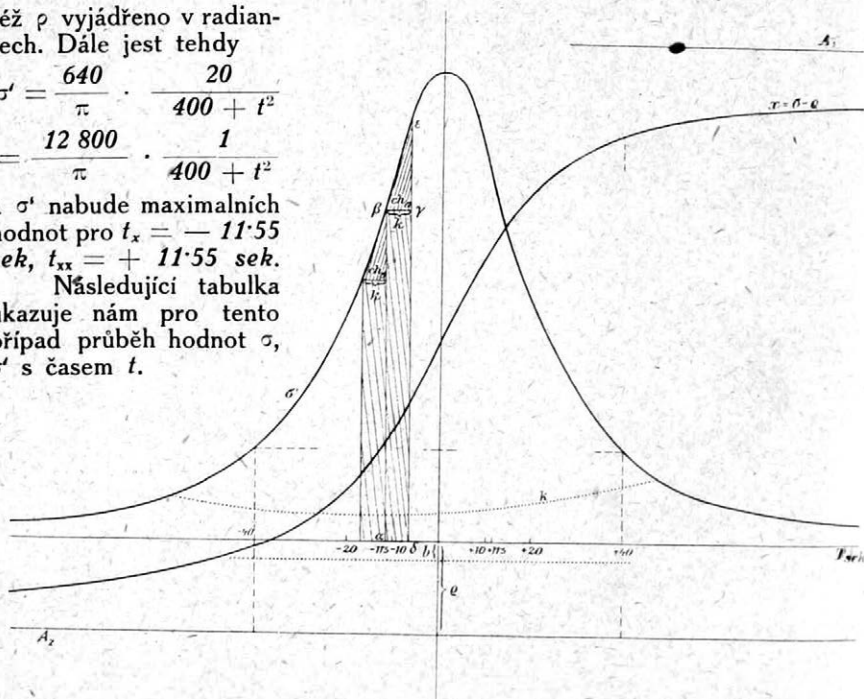
Pro $z = 1000$ m, $c = 50$ m/sek jest $\sigma = \frac{640}{\pi} \left(\rho + \arctg \frac{20}{-t} \right)$ míneme-li

těž ρ vyjádřeno v radiantech. Dále jest tehdy

$$\sigma' = \frac{640}{\pi} \cdot \frac{20}{400 + t^2} = \frac{12800}{\pi} \cdot \frac{1}{400 + t^2}$$

a σ' nabude maximálních hodnot pro $t_x = -11.55$ sek, $t_{xx} = +11.55$ sek.

Následující tabulka ukazuje nám pro tento případ průběh hodnot σ , σ' s časem t .



Obr. 22.

t sek	$-\infty$	-100	-40	-20	-11.55	-10	0	+10	+11.55	+20	+40	+100	$+\infty$
$\sigma = \rho = \chi$ velkých dílců	0	40.3	97.4	160	213.3	225.3	320	414.5	426.7	480	545.4	578.4	640
σ' velkých dílců za sek	0	0.392	2.037	5.093	7.644	8.149	10.186	8.149	7.644	5.093	2.037	0.392	0

Graficky znázorňují zde průběh σ , σ' s časem t křivky vyznačené na obr. 22.

VI. Vyšetřování velikosti chyb vzniklých přibližností řešení dra. Želízka.

Chyby tyto zaviněny budou třemi chybami základními, jež jsou:

chyba stranová: $ch_{\sigma} = \sigma_Z - \sigma^0_Z \dots \dots \dots (61')$

chyba úhlu polohy: $ch_{\tau} = \tau_Z - \tau^0_Z \dots \dots \dots (62')$

chyba vzdálenosti: $ch_Z = Z - Z^0 \dots \dots \dots (63')$

kdež značí σ_Z, τ_Z, Z polární souřadnice žádoucího správného bodu zásahu, hodnoty $\sigma^0_Z, \tau^0_Z, Z^0$ polární souřadnice bodu zásahu, jež vyřeší elektrický stroj dra. Želízka na základě svého principu prvního přiblížení.

Jest tudíž

$$ch_{\sigma} = \int_{t_P}^{t_{P+k}} \frac{d\sigma}{dt} dt - \left(\frac{d\sigma}{dt} \right)_P \cdot k \dots \dots \dots (61'')$$

$$ch_{\tau} = \int_{t_P}^{t_{P+k}} \frac{d\tau}{dt} dt - \left(\frac{d\tau}{dt} \right)_P \cdot k \dots \dots \dots (62'')$$

$$ch_Z = \int_{t_M}^{t_M+b+k} \frac{dM}{dt} dt - \left(\frac{dM}{dt} \right)_M \cdot (b+k^0) \dots \dots \dots (63'')$$

kdež rozlišeny byly doby letu k, k^0 , neboť k značí dobu letu střely k žádoucímú správnému bodu zásahu, kdežto k^0 jest doba letu střely ku bodu zásahu určenému strojem souřadnicemi τ_Z^0, Z^0 , kterouž dobu k^0 stroj určuje na tabulce, sestavené z elektrických odporů a přímo ji uvádí v svůj počet.

Taylorova řada dává nám pro σ_Z, τ_Z, Z výrazy

$$\left. \begin{aligned} \sigma_Z &= \sigma_P + k \cdot \sigma'_P + \frac{k^2}{2!} \sigma''_P + \frac{k^3}{3!} \sigma'''_P + \dots \dots \dots \\ \tau_Z &= \tau_P + k \cdot \tau'_P + \frac{k^2}{2!} \tau''_P + \frac{k^3}{3!} \tau'''_P + \dots \dots \dots \\ Z &= M + (b+k) \cdot M'_M + \frac{(b+k)^2}{2!} M''_M + \frac{(b+k)^3}{3!} M'''_M + \dots \end{aligned} \right\} \dots \dots (64)$$

kdež index M značí u všech hodnot, že platí pro okamžik měření.

Jsou tudíž chyby

$$ch_{\sigma} = \sigma'_P \cdot (k - k^0) + \frac{k^2}{2!} \cdot \sigma''_P + \frac{k^3}{3!} \cdot \sigma'''_P + = \sigma'_P \cdot (k - k^0) + \frac{k_1^2}{2} \cdot \sigma''_P \dots (61''')$$

$$ch_{\tau} = \tau'_P \cdot (k - k^0) + \frac{k^2}{2!} \cdot \tau''_P + \frac{k^3}{3!} \cdot \tau'''_P + = \tau'_P \cdot (k - k^0) + \frac{k_2^2}{2} \cdot \tau''_P \dots (62''')$$

$$\begin{aligned} ch_Z &= M'_M(k - k^0) + \frac{(b+k)^2}{2!} \cdot M''_M + \frac{(b+k)^3}{3!} M'''_M + = \\ &= M'_M(k - k^0) + \frac{(b+k_3)^2}{2} \cdot M''_M \dots (63''') \end{aligned}$$

Položíme-li (v druhém přiblížení) $k_1 = k_2 = k_3 = k$, dostáváme přibližnou hodnotu těchto chyb

$$ch_{\sigma} = \sigma'_P(k - k^0) + \frac{1}{2} \sigma''_P \cdot k^2 \dots \dots \dots (61)$$

$$ch_{\tau} = \tau'_P(k - k^0) + \frac{1}{2} \tau''_P \cdot k^2 \dots \dots \dots (62)$$

$$ch_Z = M'_M(k - k^0) + \frac{1}{2} M''_M(b + k)^2 \dots (63)$$

Pro jakýkoliv směr letu cíle po přímce jest

$$ch_Z = \frac{c \cdot t_M(k - k^0)}{\sqrt{t_M^2 + b_1^2}} + \frac{c b_1^2(b + k)^2}{\sqrt{(t_M^2 + b_1^2)^3}} \dots (63)$$

Pro lety horizontální jest

$$ch_z = \frac{640}{\pi} \left[\frac{z \cdot c(k - k^0)}{z^2 + c^2 \cdot t_P^2} - \frac{z \cdot c^3 \cdot t_P \cdot k^2}{(z^2 + c^2 t_P^2)^2} \right] \dots (61')$$

Pro šikmý nebo horizontální let ve vertikální rovině baterie jest podobně

$$ch_z = \frac{640}{\pi} \left[\frac{w \cdot c(k - k^0)}{w^2 + c^2 t_P^2} - \frac{w \cdot c^3 t_P \cdot k^2}{(w^2 + c^2 t_P^2)^2} \right] \dots (62'')$$

kdež w značí vzdálenost přímky letu od baterie.

Vzorce tyto vyjadřují nám závislost chyb ch_Z , ch_z , ch_z (určených druhým přiblížením) na proměnné t a parametrech: c = rychlosti létadla, z = vzdálenosti kursu létadla, resp. w = vzdálenosti přímky letu, b = době zpoždění a na dobách k , k^0 , jež však nejsou nezávisle proměnnými, nýbrž implicitními funkcemi, jak již dříve byly charakterisovány.

Odvozeno již, že přírůstek vzdálenosti cíle mezi bodem měření a bodem zásahu jest

$$Z - M = c \left[\sqrt{(t_M + b + k)^2 + b_1^2} - \sqrt{t_M^2 + b_1^2} \right] \dots (52)$$

Dle principu prvního přiblížení jest pak

$$Z^0 - M = (b + k^0) \cdot M'_M = \frac{c \cdot t_M(b + k^0)}{\sqrt{t_M^2 + b_1^2}} \dots (52'')$$

Jest tudíž přesná hodnota chyby vzdálenosti

$$ch_Z = Z - Z^0 = c \left[\sqrt{(t_M + b + k)^2 + b_1^2} - \sqrt{t_M^2 + b_1^2} - \frac{Z_M(b + k^0)}{\sqrt{t_M^2 + b_1^2}} \right] (64)$$

Chyba tato pak nabude největších hodnot v okolí bodu, v němž se první derivace $\frac{dM}{dt}$ mění nejrychleji, tedy kde jest $\frac{d^2M}{dt^2} = 0$, což (jak odvozeno) nastává pro $t = 0$.

$$\text{Tedy jest } ch_{Z_0} = c \left[\sqrt{(b + k)^2 + b_1^2} - b_1 \right] \dots (65')$$

Výraz tento pak můžeme psát též

$$ch_Z = \sqrt{(b + k)^2 \cdot c^2 + D_0^2 \sin^2 \mu_0} - D_0 \sin \mu_0 \dots (65'')$$

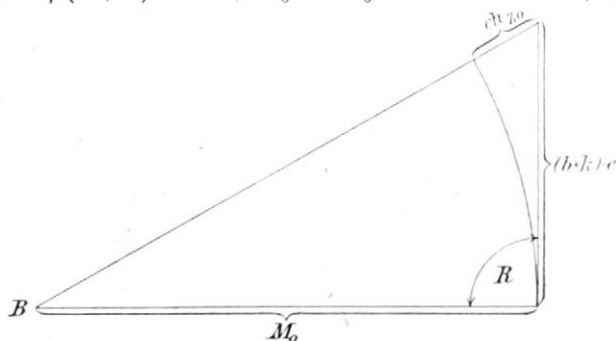
Avšak — jak odvozeno — v okamžiku $t = 0$

$$\text{jest tedy } M_0 = a_1 = D_0 \cdot \sin \mu_0, \dots (45, 46)$$

$$ch_{Z_0} = \sqrt{(b + k)^2 \cdot c^2 + M_0^2} - M_0 \dots (65)$$

Dle tohoto vzorce pak pomocí geometrického řešení lze snadno najíti hodnoty ch_{Z_0} , známe-li doby k odpovídající měřeným vzdálenostem M_0 .

Průběh hodnot k lze vzíti z tabulek povolených pro střelbu direktní, v nichž jsou hodnoty k vypočteny přesně na 0.1 sek též pro směr letu cíle svírající — jako zde — se směrem měření úhel 90° .



Obr. 23.

Diagram III. ukazuje nám tyto křivky k_{90° pro dvě výšky letu cíle nad úrovní hlavně. Diagram platí pro hlavně 8 cm letadlových děl, granát vz. 14. (Elektrobaterie dra. Želíska měla tato děla a střely). Rychlost letadla $c = 50$ m/sek. Výšky cíle $y_1 = 1600$ m, $y_2 = 4000$ m.

Z tabulek získaných při výpočtech povelových tabulek pro $b = 10$ sek $y, c, \sigma_M - \rho = \kappa_M = 90^\circ$ a zmíněné dělo a střelu určen průběh k_{1600}, k_{4000} , jak se jeví následovně (viz tabulku na str. 344).

Křivky tyto platí pro $b = 10$ sek, jelikož pro tabulky vzato $b = 10$ sek. Můžeme však vzít i za platné i pro $b \neq 10$ sek, na př. pro $b = 4$ sek, neboť hodnota k jest vůči změnám b značně necitlivá, jak lze se přesvědčiti podrobnější úvahou. Nejde nám při k ani o větší přesnost než ± 0.1 sek.

Z diagramu křivek $ch_{Z_0, 1600}$ $ch_{Z_0, 1400}$ vidíme, že chyby ch_{Z_0} rostou s rostoucím y , neboť s rostoucím y roste též k .

Velikost jejich jest pro $c = 50$ m/sek ve výši $y_1 = 1600$ m:

při $M = 2200$ m jest $ch_{Z_0} = 70$ m
 při $M = 4000$ m jest $ch_{Z_0} = 100$ m
 při $M = 6100$ m jest $ch_{Z_0} = 200$ m
 při $M = 6400$ m jest $ch_{Z_0} = 240$ m

S rostoucím M přibývají značněji chyby ch_{Z_0} .

Při $y_2 = 4000$ m dosáhne chyba ch_Z hodnoty 200 m již pro $M = 5100$ m.

Z diagramu toho jest též zřejmo, že chyby tyto by však vyrostly ještě mnohem více pro větší $c > 50$ m/sek. Dnes však jest již počítati s letadly o rychlostech 70 m/sek až 80 m/sek.

Chyby ukazuje nám též diagram hyperbol vzdáleností. A sice jeví se chyby tyto zde i pro jiné hodnoty, než jest $t = 0$ bodu měření, čili i pro jiné hodnoty κ_M , než jest $\kappa_M = 90^\circ$.

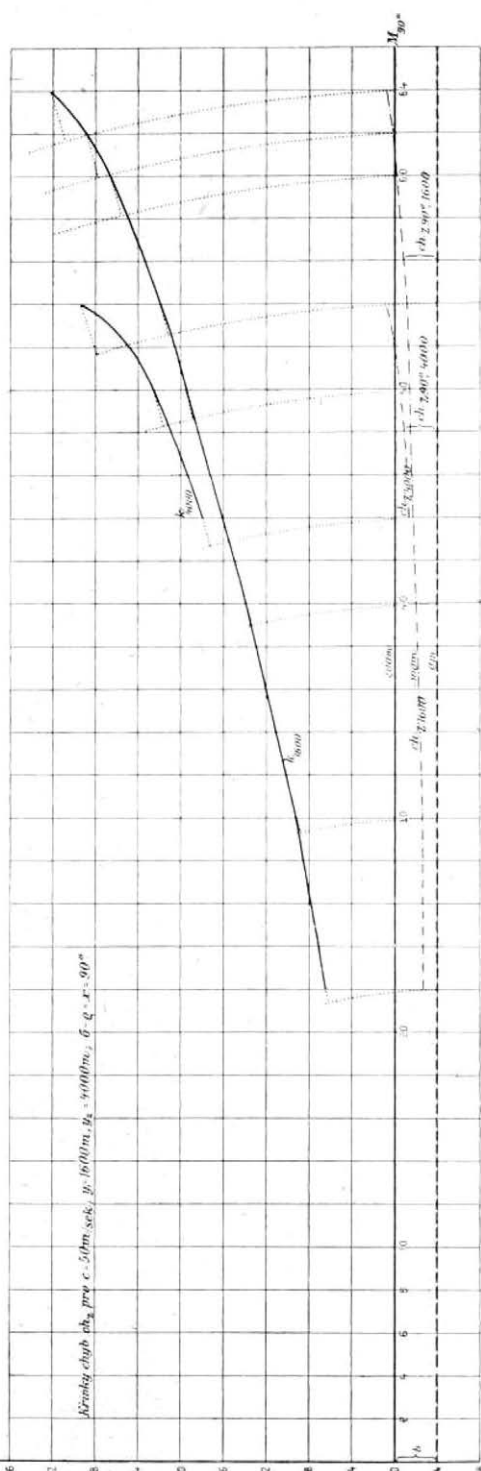


Diagram III.

M_0 100 m	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64
k_{1000} sek	7.8	7.9	8.5	9.3	10.1	11.0	11.9	12.8	13.8	14.8	15.9	17.0	18.1	19.3	20.6	21.9	23.4	25.0	26.7	29.0	32.3
k_{4000} sek	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18.0	19.4	20.9	22.7	24.9	29.4	—	—	—	—	—

Na př. pro $c = 50$ m/sek, $\mu_0 = 10^\circ$ a pro M libovolné (na př. $M = 2000$ m, jest daty těmito určen dvojznačně bod hyperboly (blíží se a vzdalující se cíl).

Souřadnice onoho bodu budtež tedy (t_c, M) . V tomto bodu vedeme tečnu k hyperbole. Na této tečně určíme bod o souřadnicích

$$([t + b + k] \cdot c, Z^0)$$

daný příslušným $k + b$, jelikož c a ostatní veličiny se nemění. Hyperbola vzdálenosti nám protne prodlouženou pořadnici Z^0 tohoto bodu v bodě Z . Délka úsečky $\overline{ZZ^0}$, odečtená v měřítku diagramu, dává nám pak velikost chyby ch_Z .

V diagramu značí 1 mm = 100 m, resp. 1 mm = 2 sek. Na př. pro $c = 100$ m/sek, M minimální = $a_1 = D_0 \cdot \sin \mu_0 = 10.000 \sin 10^\circ = 1736.5$ m, volíme-li zase $b = 4$ sek, $k = 4$ sek, lze z diagramu odečísti přibližně $ch_Z = 130$ m. Pro $b = 10$ sek, $k = 4$ sek bylo by již $ch_Z = 530$ m.

Diagram hyperbol vzdáleností nás poučuje též názorně již na prvý pohled, že maximální chyby ch_Z (o nichž právě bylo jednáno), dostáváme vždy poblíže okamžiku, kdy vzdálenost letadla, letícího po určité přímce, jest minimální, neboť úsečky $\overline{ZZ^0}$ v okolí těchto bodů nabývají maximální hodnoty. V okolí vzdálenějších bodů lze opravdu zanedbat chybu $ch_Z = \overline{ZZ^0}$.

V případě horizontálního letu cíle jest

$$\sigma_Z = \frac{640}{\pi} \left[\rho + \arctg \frac{z}{c \cdot t} \right] \text{ velkých dílců } \quad (66)$$

Položíme-li zde $-|t| = -|t_P| + k$; $+|t| = |t_P| + k$, kde $k > 0$, bude tedy

$$\sigma_Z = \frac{640}{\pi} \left[\rho + \arctg \frac{z}{c \cdot (t_P + k)} \right] \text{ velkých dílců } \quad (66')$$

V okamžiku výstřelu bylo

$$\sigma_P = \frac{640}{\pi} \left[\rho + \arctg \frac{z}{c \cdot t_P} \right] \quad (66'')$$

Tedy přesná hodnota přírůstku $\sigma_Z - \sigma_P$ jest

$$\Delta \sigma = \sigma_Z - \sigma_P = \frac{640}{\pi} \left[\arctg \frac{z}{c \cdot (t_P + k)} + \arctg \frac{z}{c \cdot t_P} \right] \quad (67)$$

Stroj počítající jen s prvním přiblížením vyřeší však hodnotu

$$\Delta^0 \sigma = \sigma_Z^0 - \sigma_P = \frac{640}{\pi} \cdot \frac{z \cdot c \cdot k^0}{z^2 + c^2 \cdot t_P^2} \quad (67')$$

a učiní tudíž chybu, jejíž přesná hodnota jest

$$ch_\sigma = \frac{640}{\pi} \left[\arctg \frac{z}{c \cdot (t_P + k)} + \arctg \frac{z}{c \cdot t_P} - \frac{z \cdot c \cdot k^0}{z^2 + c^2 \cdot t_P^2} \right] \quad (68)$$

kdež zase rozlišujeme k^0 řešené strojem od žádoucí hodnoty k . Chyba tato pak nabude hodnoty maximální zase v okamžiku nejrychlejších změn derivace

σ' , tedy pro $\sigma'' = \text{maximu}$, $\sigma''' = 0$, čili pro $t_P = \pm \frac{z \sqrt{3}}{3 \cdot c}$. Tehdy jest však

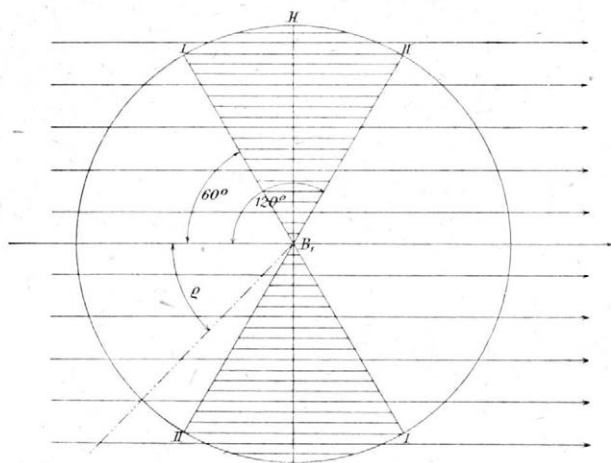
$$\sigma_P = \frac{640}{\pi} [\rho + \arctg \mp \sqrt{3}] \text{ a víme, že}$$

$$\arctg + \sqrt{3} = \arctg 60^\circ; \arctg - \sqrt{3} = \arctg 120^\circ.$$

Na obrázku pře-
dešlém značí kružnice
hranici dostřelu bate-
rie, rovnoběžné šipko-
vané přímky směr letu
letadla, resp. projekci
tohoto letu do úrovně
ústí děla, přímka $\overline{I, I}$
jest geometrickým mí-
stem prvých průmětů
letadla v bodě výstřelu,

$$\text{jehož } t = - \frac{z \sqrt{3}}{3c}$$

a tedy příslušný arc
 $\text{tg } \sqrt{3} = \text{arc } 60^\circ$, po-
dobně přímka $\overline{II, II}$ jest
geometrickým místem
prvých průmětů letadla



Obr. 24.

v bodě výstřelu, jehož $t = + \frac{z \sqrt{3}}{3c}$ a tedy příslušný $\text{arc tg } \sqrt{3} = \text{arc } 120^\circ$.

Přímka $\overline{H, H}$ jest geometrickým místem prvých průmětů letadla v okamžiku
měření $t = 0$, kdy princip prvního přiblížení nám dává maxima chyb při
určení vzdálenosti bodu zásahu Z.

Tedy v okolí přímek $\overline{I, I}, \overline{II, II}$ dostaneme maximální chyby ch_z v okolí
přímky $\overline{H, H}$ maximální chyby ch_z . Jest tudíž prostor omezený hraniční
kružnicí dostřelu a přímkami $\overline{I, I}, \overline{II, II}$ prostorem maximálních chyb ch_z, ch_z
stroje řešícího prvé přiblížení. Prostor ten je třetinou celého prostoru dostřelu
baterie a více než třetinou, neboť značné chyby ch_z jsou v okolí přímek
 $\overline{I, I}, \overline{II, II}$ též na části prostoru, jež zůstala nešrafována.

Tedy více než ve třetině případů budou prvky střelby získané strojem,
jenž počítá jen s prvním přiblížením, zatíženy značnými chybami, zaviněnými
nedostatečnou přiblížností při určení $\sigma_z^2 Z^0$.

Abychom se orientovali též o velikosti maximálních chyb ch_z pro-
vedme výpočet vzorců (68) tedy

$$ch_{z_{60^\circ}} = \frac{640}{\pi} \left[\text{arc tg} \frac{z}{c \left(-k_1 + \frac{z \sqrt{3}}{3c} \right)} - \text{arc tg} \sqrt{3} - k_1^0 \cdot \frac{3c}{4z} \right], \quad (68')$$

$$ch_{z_{120^\circ}} = \frac{640}{\pi} \left[\text{arc tg} \frac{z}{c \left(-k_2 - \frac{z \sqrt{3}}{3c} \right)} - \text{arc tg} [-\sqrt{3}] - k_2^0 \cdot \frac{3c}{4z} \right], \quad (68'')$$

při čemž položíme hodnoty $k_1^0 = k_1; k_2^0 = k_2^0$; (k_1^0 = doba letu střely
pro případ $t = - \frac{2 \sqrt{3}}{3c}$, k_2^0 = pro případ $t = + \frac{z \sqrt{3}}{3c}$, obě jak je určí
v prvním přiblížení stroj).

Doby k_1, k_2 vezmeme z diagramu III. dob k_1, k_2 získaných při práci
povelových tabulek pro direktní střelbu k_1 pro $\alpha_P = 60^\circ; k_2$ pro $\alpha_P = 120^\circ$.
[Diagramy tyto platí pro $b = 10$ sek; baterie dra. Želiska prý docílila $b = 4$
sek; veličina k závisí však na velikosti b nepatrně, že k orientaci zase stačí
hodnoty k_1, k_2 ze zmíněných diagramů.]

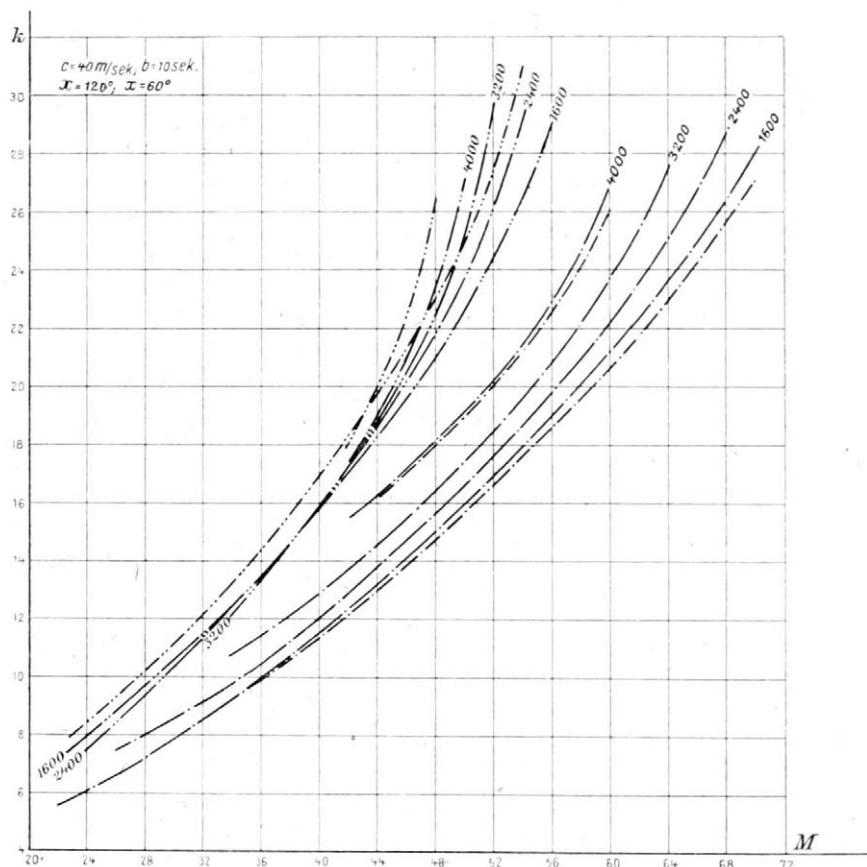


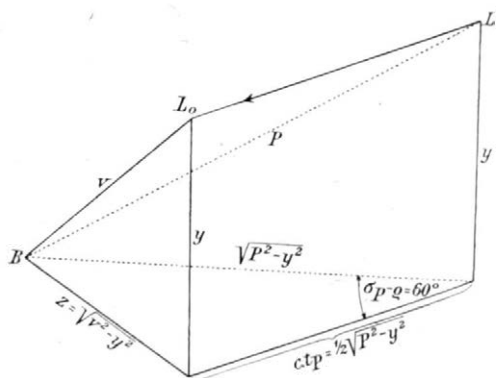
Diagram IV.

Vzorce tyto jsou zde počítány a výsledky uvedeny v tabulce, jež následuje. Výpočet byl proveden pro dvě výšky letu cíle nad úrovní hlavně a sice pro $y = 1600$ m, $y = 4000$ m. Rychlost cíle vzata malá $c = 40$ m/sec. Pro větší rychlosti c budou i chyby ch_z větší.

Aby Z zvolena byla tak účelně, aby zastoupeny jimi byly kraje i střed prostoru v dosahu baterie byla volba Z učiněna následovně:

Ve vedlejším obrázku značí přímka $\overline{L_0 L}$ horizontální přímku letu cíle, jenž v bodě L_0 bude baterii nejbliže (vzdálenost v , mapová vzdálenost $z = \sqrt{v^2 - y^2}$). Nyní volme vzdálenost v a k ní vypočteme příslušné z , P ze vzorců

$$z = \sqrt{v^2 - y^2}; P = \sqrt{\frac{(2v + y)(2v - y)}{3}}$$



Obr. 25.

y metry	P metry	v metry	z metry	$\alpha =$ $(\sigma - \rho)^0$	k sek	minuty		$ch_\sigma = \Delta\sigma - \Delta^0\sigma$		$ch_\sigma =$ $\% \Delta\sigma$
						$\Delta\sigma$	$\Delta^0\sigma$	minuty	velké dílce	
1600	2324	2200	1510	60°	5·8	422	396	+ 26	+ 1·5	+ 6·2
				120°	7·5	469	512	— 43	— 2·5	— 9·2
	4796	4200	3883	60°	15·—	425	399	+ 26	+ 1·5	+ 6·1
				120°	21·—	506	558	— 52	— 3·1	— 10·2
	6866	6000	5783	60°	27·1	522	483	+ 39	+ 2·3	+ 7·5
				120°	33·2	603	661	— 58	— 3·8	— 12·2
4000	4265	4200	1281	60°	15·6	1490	1256	+ 234	+ 13·8	+ 15·7
				120°	17·7	1109	1425	— 316	— 18·6	— 28·5
	5039	4800	2653	60°	19·4	846	754	+ 92	+ 5·4	+ 10·9
				120°	28·2	904	1096	— 192	— 11·3	— 21·2
	5916	5500	3364	60°	26·—	900	797	+ 103	+ 6·1	+ 11·4
				120°	32·1	1000	900	— 100	— 6·0	— 11·0

Rychleji a názorněji, než výpočet vzorců, orientuje nás o velikosti chyb ch_σ řešení grafické, odvodíme-li si pro danou přímkou letu horizontálního (určité y, z) křivku závislosti dob k na době t . Křivku tuto lze si odvodit s dostatečnou přesností odvozením určitého počtu jejích bodů, pomocí hodnot k , vypočtených při řešení povelových tabulek pro direktní střelbu. V obr. 8 jest tato křivka nakreslena tečkovaně. Byla určena pěti body, při nichž voleno $\alpha = \sigma - \rho$ (30°, 60°, 90°, 120°, 150°). Pro tyto úhly dávají nám vzorce

$$P_{90^\circ} = \sqrt{y^2 + z^2}; \quad P_{60^\circ} = P_{120^\circ} = \sqrt{\frac{4z^2 + 3y^2}{3}}; \quad P_{30^\circ} = P_{150^\circ} = \sqrt{4z^2 + y^2}$$

hodnoty vzdálenosti bodu výstřelu, pro něž v tabulkách pomocných interpolací určíme doby k letu střely k bodu zásahu. Poněvadž pak platí

$$t_{60^\circ} = -t_{120^\circ} = \frac{t_{30^\circ}}{3} = \frac{z\sqrt{3}}{3c}; \quad z_{30^\circ} = -t_{150^\circ}; \quad t_{90^\circ} = 0,$$

jest tím dáno pět bodů hledané křivky.

Tak bylo nalezeno pro $z = 1000$ m, $c = 50$ m/sek a nízko letící cíl ve výši $y = 1600$ m:

$\alpha = (\sigma - \rho)^0$	30°	60°	90°	120°	150°
P metrů	2749	2212	2135	2212	2749
t sek	— 34·6	— 11·6	0	+ 11·6	+ 34·6
k sek	6·2	5·6	6·2	7·6	11·—

V obr. 22 značí $\Delta\sigma$ za dobu $(b+k)$ plocha $\alpha\beta\epsilon\tilde{z}$
 $\Delta^0\sigma$ „ „ $(b+k)$; „ $\alpha\beta\gamma\tilde{z}$

Tedy ch_z jest dáno plochou (šrafovanou) $\beta\epsilon\gamma$; považujeme-li tuto plochu za trojúhelník, jest právě dána druhým členem přibližného vzorce 61^h.

Křivka K umožňuje nám v libovolném bodě z (pokud platí v rozsahu t tato křivka) určití plošně velikost chyby ch_z a tak by bylo možno pro volenā y, z , pomocí odvození křivek k dále odvoditi křivky ch_z v závislosti na t , resp. na vzdálenosti P .

Ze vzorce přibližného $ch_z = \frac{1}{2}\sigma p'' \cdot k^2$ jest zřejmo, že chyby ch_z jsou tím větší, čím větší jest k a čím větší jest $\sigma p''$.

Z diagramů v příloze jest patrný průběh k se vzdáleností P ; k roste rychleji než vzdálenost P , s rostoucím y roste též k .

Závislost a průběh σ'' je patrný ze vzorce pro σ'' .

Pro $c < 50$ m/sek dostanu plošší křivky σ', σ než jsou křivky v obr. 22. Pro $c > 50$ m/sek dostanu křivky strmější. Čím strmější křivky, tím větší chyby ch_z .

Čím větší jest Z , tím plošší jsou též křivky σ', σ .

Baterie užívající velicího stroje, založeného na uvažovaném principu prvního přiblížení, střelí tudíž na blížící se letadlo za cíl a pod cíl, na vzdalující se letadlo pak před cíl a pod cíl, vztahujeme-li předložky „za, před, pod“ na úhly σ, τ . Co se týče polohy výbuchů střel a cíle, jsou stále výbuchy střel k baterii blíže, než cíl v okamžiku výbuchu střely.

Velicí stroj na tomto principu postavený bude vyhovovati tehdy, když doby k letu střely budou velmi malé, aby bylo možno zanedbat chyby přiblížnosti. Stroj vyžaduje tudíž veliké počáteční rychlosti střely a nejpříznivějšího tvaru střely (forma C s dlouhou špičkou a konickým zadkem). Jsou-li pak tyto hodnoty již dány a určen průběh křivek stejných dob letu střely, jest s těmito provésti úvahu právě uvedenou. Pro rozhodnutí jest pak směrodatným požadavek přesnosti, který na střelbu na letadla klademe. V anketě, kterou uspořádal ministerstvo války bývalé rakousko-uherské říše v květnu r. 1918 (viz dále), převážná většina letadlového dělostřelectva, teoretiků i praktiků, klade požadavek přesnosti určení σ_z, τ_z přesně na půl velkého dílce, Z přesně na 50 m.

Z naší úvahy však plyne, že velicí stroj na principu prvního přiblížení založený, tomuto požadavku plně dostáti nemůže.

VII. V roce 1918 již pocítovalo dělostřelectvo protiletadlové, že úloha jemu svěřená vyžaduje řešení technického. To značí, že tabulková střelba není definitivním řešením, trpí velkými nedostatky, pro něž nevede k cíli. Cílem dělostřelby na letadla pak jest aspoň taková jistota, jednoduchost a snadnost střelby, jakou mají jiné druhy dělostřelectva. Aby se dospělo však k tomuto cíli, jest nutno eliminovati všechny zatěžující podmínky, jež velice rychle letící cíl, pohyblivý ve třech dimensích, klade letadlovému dělostřelci, jemuž k boji s letadlem vybývá jen několik minut, ba často jen několik sekund. Zjednodušení úlohy docílíme každým zjednodušením funkcí velitelství baterie a obsluhy děl, avšak řešení se tím přibližujeme teprve, když tímto zjednodušením úlohy $stoupne$ (nebo aspoň neklesne) $pravděpodobnost\ zásahu$. S tohoto hlediska lze klasifikovati střelbu „ohnivých stěn“, jež přišla po střelbě „dle hrubých pravidel“ co krok zpět, střelbu tabulkovou „dle směru“ co velký krok ku předu, užití pomocných přístrojů k měření rychlosti c letadla a směru letu x_M co malé pokroky (jelikož lze při určitém cviku oka velicíny c , odhadnouti tak přesně, jak postačí pro posavadní hrubé odstupnění tabulek). Dalším pokrokem v tabul-

kové střelbě bylo by jemnější odstupňování tabulek dle c , y , M a zavedení vzdálenosti n kursu, místo směru z_M , při čemž n by bylo v tabulkách dosti jemně odstupňováno. S tím však by byl spiat požadavek přesnějšího měření veličin c , M , n (registrátor kursu pro n) a jemné odstupňování zavedlo by celou značnou biblioteku povelových tabulek, v níž se má rychle najít příslušný povel. Patrně, že účelnost tu vede ku jistým mezím. Pokrokem jest zjednodušení povelů, jež se nyní snažíme (pokud možno) všechny vyjádřit dvoucifernými čísly, zjednodušení zaměřovačů (čímž docílíme zkrácení doby b), pokrokem jest větší balistická výkonnost děla, zmenšení dob k , zvětšení dostřelu, pokrokem jest přesnější zjištění střeleckých tabulek pro cíle ve vzduchu. Pokrokem budou spolehlivé mechanické zapalovače střel, jež jsou nyní v řešení, dále zařízení meteorologických stanic ku zjištění denních vlivů, a užití jejich dat při střelbě, dále okamžitá kontrola polohy výbuchů vlastních střel vůči cíli.

Všechny tyto pokroky přibližují nás k řešení úkolu, avšak ponechávají dělostřelce v jeho nesnadné úloze, vyžadující nejvyšších stupňů kázně, výcviku, pohotovosti a současně i svěžesti, a naopak, ještě mu namnoze přidávají úkoly.

Proto dělostřelba letadlová vyžaduje pomoci technické, jež má usnadnit její úlohu, proto jest ústřední velicí a zaměřovací stroj požadavkem tím nutnějším, čím větší nedostatky vykazují vlastnosti, jež má mít posádka baterií.

Při dělostřelecké obraně proti letadlům jest klásti stejnou váhu na tři složky, z nichž budujeme letadlové dělostřelectvo; to jsou: 1. děla, 2. posádka baterií, 3. technická výzbroj baterií, sestávajících z balistických a povelových tabulek a přesných, co možná dokonalých měřicích strojů, po př. ústředních strojů velicích a zaměřovacích. Ač technická výzbroj jest tu uvedena co poslední z řečených složek, přísluší jí vlastně místo prvé. Je jisto, že hlavní vývoj a pokrok lze čekati jen od technické složky; úkol dělostřelby na letadla má rozřešiti technika. Již nyní má řešení úkolu tohoto ráz daleko více technický než vojenský.

V následujícím odstavci uvádím resumé požadavků, jež kladlo bývalé rakousko-uherské letadlové dělostřelectvo na projekt ústředního velicího stroje v poradě u bývalého rakousko-uherského ministerstva války dne 27. května 1918. Resumé toto jest přeloženo z ministerské zprávy o této poradě:

„Především náhledy (míněny náhledy účastníků porady) byly v sezení podrobeny podrobně rozpravě a co výsledek byly stanoveny následující směrnice, dle nichž jest stavěti budoucí velicí stroje pro letadlové baterie:

ad 1. Většina účastníků žádá, aby velicí stroj byl stavěn jak pro direktní, tak i pro indirektní střelbu.

ad 2. Jako základní velicíny pro velicí stroj budtež použity úhlové rychlosti stranové a výškové a změna vzdálenosti za jednotku času a když tuto poslední nelze dosti přesně určit, pak odhadovaná rychlost letadla.

ad 3. Pro střelbu indirektní nechť velicí stroj udává rayon, elevaci a časování střely. Při střelbě indirektní zdá se žádoucím, z ohledu na nutné vyloučení denních vlivů, principiální oddělování záměrného úhlu od nadběhu výškového. Časování budiž rovno postavení zaměřovače.

Na ústředním zaměřovacím stroji musí býti možno odečítati jednotlivé výsledné velicíny, aby bylo možno je telefonovati. Musí býti vždy možno patřičně postavit dobu zpoždění.

Neužívati výbušných motorů jako zdroje síly pro elektrické přenášení povelů (akumulator).

Nepředpisuje se, má-li býti pohyb přenášen přímo na dělo, nebo jen na zařízení ukazovatelů a pod.

Normální způsob střelby musí býti vždy možný, vypojení elektrického přenášení musí býti tudíž vždy proveditelné.

ad 4. Velicí stroj musí dávat prvky střelby s touto přesností: úhly přesně na $2\frac{1}{2}$ obyčejných dílců, dálky a časování přesně na 50 m. Tolerance jest tedy též $2\frac{1}{2}$ dílce, po př. 50 m.

Pro dělení úhlové jest zvoliti za jednotku 5 obyčejných dílců, pro dělení zapalovače $\frac{1}{100}$ časovacího kotouče.

ad 5. a 6. Velicí stroj musí pracovati spojitě, výsledků musí býti docíleno pouhým pronásledováním cíle a měřením vzdálenosti. Bude-li zvolena rychlost letadla za základní veličinu, může býti na stroji stavěna rukou. Počet obsluhujících budiž minimální.

ad 7. Dálkoměr budiž spojen s velicím strojem; jest nutno dáti každé baterii druhý výměnný dálkoměr.

ad 8. Velicí stroj nebudiž obsluhován střelcím. Musí býti zachována možnost osobního vlivu velitele baterie na každý prvek střelby, určený strojem a sice co do výšky . . . až po ± 100 obyč. dílců
na stranu . . . „ „ ± 300 „ „
v časování . . . „ „ ± 1000 m.

ad 9. Velicí stroj musí na stranu a výšku pracovati bez zpoždění. Zpoždění při určení časování jest podmíněno dělem a střelou a nesmí býti velicím strojem zvětšeno.

ad 10. Odečítání nechť děje se pomocí čísel, nebo jednoduchých průseků křivek.

ad 11. Při selhání velicího stroje jest pokračovati ve střelbě pomocí povelových tabulek, jež mají obsahovati:

a) 24 směrů letu, b) výšky cíle od 200 ku 200 m, až po hranici dostřelu, c) vzdálenosti od 100 ku 100 m, počínaje 800 m a konče hranici dostřelu děla, d) rychlost cíle za sek., odstupňovaná od 5 ku 5 metrům. Zkouškami v poli jest rozhodnuto, zda má býti používáno povelových tabulek číselných nebo grafických.

ad 12. Maximální váha velicího stroje nesmí přesahovati váhu jízdné jednotky v baterii.

ad 13. Jednoduchá výměna několika málo částí velicího stroje musí umožňovati použití jeho pro děla různé balistické výkonnosti. Konečně byly stanoveny mezní obvody pro takovýto velicí stroj:

a) neomezené otočení stranové,

b) výšková (elevační) možnost až po 90° ,

c) dálkový rozsah od 800 m počínaje, až ještě 2 km za dosah časování zapalovačů.

Současně se ukládá technickému voj. komitě, aby při konstrukci takovýchto přístrojů přísně dbalo výše uvedených hlavních požadavků a navrhovalo ministerstvu války k objednavce jen takové projekty, jež těmto požadavkům vyhovují.

Citované resumé shrnuje náhledy devíti dotázaných vyšších velitelství, resp. technického vojenského komitě. Z neujasněnosti a rozbíhavosti těchto názorů vyplývá v resumé namnoze přepínání požadavků (ad 1., 4., 5., 6., 13. b)), někde zase přílišná skromnost (odhadování rychlosti c ad 2. a 10.).

Otázka velicího stroje pro letadlové baterie zůstává dosud nedořešenou. Zájem o ni nyní v míru přirozeně značně utuchl. Avšak v budoucích válkách případně letadlům jedna z prvních a největších úloh, tedy vzroste též úkol obrany protiletadlové a otázka velicího stroje musí býti zase řešena a jistě bude řešena včas, ještě za míru.

Krásným, technicky propracovaným a tedy nejpokročilejším řešením jest elektrobaterie s velicím strojem dra. tech. Želíska, jehož vadou však jest namnoze hrubá přibližnost střelby. Meze přesnosti jsou dány již principem řešení a není tudíž možno ani jakýmkoliv dalším zlepšením stroje (ovšem při zachování jeho principu prvního přiblížení) zvětšiti pravděpodobnost zásahu za zmíněné dané meze.