Praktická geometrie

PAVEL POTUŽÁK

Praktická GEOMETRIE

ČÁST DRUHÁ

CESTA K VĚDĚNÍ SVAZEK 49

CESTA K VĚDĚNÍ

Dr. PAVEL POTUŽÁK

Praktická geometrie

II. díl.

Autor si vzal za úkol seznámiti zájemce s konkretními úlohami, kterými se zabývá praktická geometrie, a ukázati jim způsoby jejich řešení.

Proto vykládá podrobně, jak se určuje poloha bodu pomocí pravoúhlé soustavy souřadnicové a jak se používá *souřadnic* při řešení různých praktických úloh, na příklad při určování polygonových bodů.

Vytyčování přímek v různých případech a kruhových oblouků různými způsoby věnoval autor rovněž dosti místa. Poněvadž v praktické geometrii nejde jen o theorii, ale o pokyny, jak provésti *měření*, jak zapsati získané údaje a jak je zpracovávati, obsahuje knížka Potužákova také návody podrobných měření a výpočtů (na př. výměr), různé methody měření výšek atd. Je přirozené, že při tom seznamuje čtenáře s *přístroji*, kterých se při měření užívá, s principy, na kterých jejich použití spočívá, že kriticky hodnotí způsoby měření.

Prací zeměměřiče není jen měření v poli, ale také vynášení výsledků výpočtů, provedených na základě měření, t. j. *sestrojování plánů* a *map*. Také tyto úkoly při četbě poznáte a seznámíte se s příslušnými přístroji a pomůckami a tak si doplníte představy o úkolech, kterými se zeměměřič dnes zabývá.

ING. DR PAVEL POTUŽÁK

PRAKTICKÁ GEOMETRIE

ČÁST DRUHÁ

JEDNOTA ČESKOSLOVENSKÝCH MATEMATIKŮ A FYSIKŮ

PŘEDMLUVA

Již v roce 1945, kdy vyšla 1. část praktické geometrie, byl k tisku připraven rukopis i 2. části. Nedostatek papíru a zvláště mnohé technické potíže byly příčinou, že tato 2. část praktické geometrie mohla vyjíti teprve v roce 1948.

Za překonání shora uvedených potíží a urychlené vydání této části děkuji všem členům redakce Cesty, zvláště pak panu prof. Dr Františku Vyčichlovi za úpravu rukopisu pro tisk.

Tiskárně Prometheus dovoluji si poděkovati za výraznou volbu typů písma, úhledné a vkusné vypravení knížky.

V Praze dne 21. února 1948.

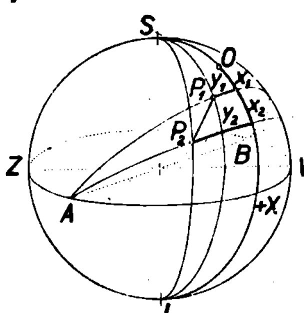
P. Potužák.

1. STANOVENÍ POLOHY BODŮ V PRAVOÚHLÉ SOUSTAVĚ SOUŘADNICOVÉ

Souřadnicové řešení skýtá mnoho výhod po stránce přehlednosti, výpočetní a zobrazovací rychlosti a přesnosti. Jeho pomocným doplňkem je často trigonometrické řešení úloh.

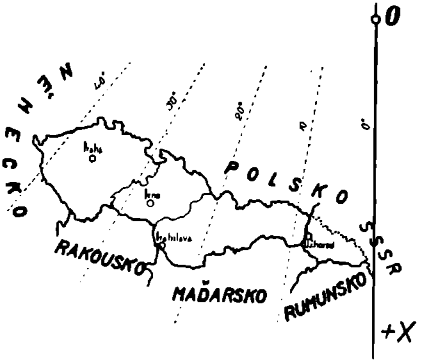
Polohu počátku a směr osy úseček X lze volit libovolně, nejde-li o výpočet souřadnic bodů v určité souřadnicové soustavě. Kladná část osy X se označuje $+X$ a volí se tak, aby výpočty byly jednoduché. Kladná část osy Y čili $+Y$ je k ose X kolmá a svírá s ní úhel, který se měří ve směru chodu ručiček hodinových.

Pro územní oblast velkého rozsahu se zvolí počátek souřadnic v některém trigonometrickém bodě I. řádu, v němž se stanoví směr poledníku z astronomických pozorování jako budoucí osa X sférických souřadnic. Současně s astronomickým měřením se stanoví azimuty trigonometrických stran jdoucích počátkem, t. j. úhly sevřené trigonometrickými stranami a poledníkem. Největší kruh jdoucí počátkem kolmo k ose X se volí za osu Y a obvykle se volí západní její část za osu $+Y$ a východní za $-Y$. Tak se obdrží sférická zobrazovací soustava souřadnicová, v níž poloha každého bodu je určena dvěma oblouky (obr. 1). Pořadnicové oblouky jsou části hlavních kruhů, jež jsou vesměs kolmé k ose X a sbíhají se ve východním a západním pólu A a B. Sledujíce polohu bodu v souřadnicové soustavě, vycházíme vždy od počátku po ose X až k místu, kde pořadnicový hlavní kruh protíná osu X a odtud sledujeme pořadnicový hlavní kruh až k bodu, jímž pořadnicový hlavní kruh prochází.



Obr. 1. Soustava pravoúhlých sférických souřadnic.

Vlivem sbíhavosti pořadnicových oblouků je dáno jisté omezení pro rovinné souřadnice. Rozdělí-li se rozsáhlé území v úzké pruhy probíhající ve směru severojižním, jsou pořadnice krátké a do jisté míry lze zanedbávati zakřivenost zemského povrchu i sbíhavost hlavních kruhů a sférickou plochu lze nahraditi rovinnou plochou. Tak přejde sférická (kulová) soustava jednoduše na rovinnou a osy X a Y jsou k sobě kolmé. Hlavní kruhy pořadnicové se v rovinné soustavě zobrazují jako rovnoběžky k ose Y. Pro každý pruh se zvolí počátek a souřadnicové osy. Tak tomu bylo při zakládání stabilního katastru pozemkového. Pro zemi Českou byl zvolen počátek soustavy v trigonometrickém bodě *Gusterberg* u Kremsmünsteru v Horních Rakousích a pro zemi Moravskoslezskou věž sv. Štěpána ve Vídni. Oběma zeměmi probíhají tudíž záporné osy X a pořadnice jsou na západ od osy X kladné a na východ záporné.



Obr. 2. Soustava pravoúhlých souřadnic rovinných pro ČSR.

V některých státech byl zvolen též opačný směr souřadnicových os a mnohde se dokonce užívá i několika soustav a každá z nich je volena jinak.

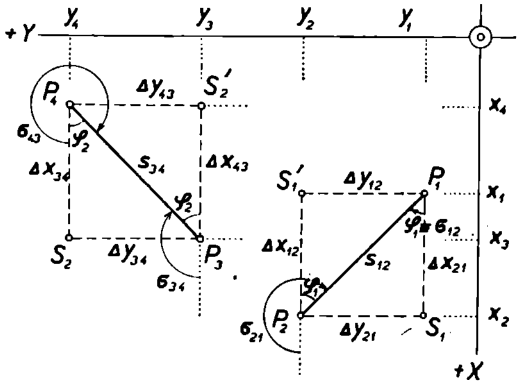
Pro území československé republiky byla v roce 1920 zvolena jednotná zobrazovací soustava katastrální tak, že celé území je v jediném (jihozápadním) čtverníku (kvadrantu) a souřadnice všech bodů jsou kladné (obr. 2). Bližší údaje o této soustavě lze najíti v odborné literatuře.

Při řešení úloh se vychází vždy ze souřadnic trigonometrických bodů vyšších řádů a bodů podrobné triangulace. Souřadnice a místopisy bodů sdělí za určitých podmínek triangulační oddělení Zeměměřického úřadu v Praze.

V dalších výkladech budeme uvažovati jen tu pravoúhlou soustavu os, kde osa $+X$ jde směrem jižním a osa $+Y$ směrem západním od počátku soustavy. Při volbě libovolné soustavy os mohou být body ve všech čtvernících a při výpočtu je nutno dávat pozor jen na znaménko souřadnic.

Směrové úhly nebo směrníky počítané i měřené od rovnoběžky s osou $+X$ ve směru chodu ručiček hodinových (od jihu přes západ, sever a východ zpět k jihu) se jmenují jižníky a označují se písmenem σ.

Základní úlohy v rovinné geodetické soustavě souřadnicové jsou zcela obdobné úlohám analytické geometrie rovinné.



Obr. 3. Délky a jižníky v pravoúhlé rovinné soustavě souřadnicové.

Základní vzorce výpočetní. Kolmá vzdálenost bodu P_n od osy Y se nazývá úsečkou a označuje se x_n, kolmá vzdálenost téhož bodu od osy X se jmenuje pořadnicí a značí se y_n. Spojnice dvou bodů čili jejich vzdálenost se označuje s_n. Indexy udávají též smysl či směr délky. Ku př. délka s_{12} je měřena od bodu P_1 směrem k bodu P_2, kdežto délka s_{21} je měřena nebo počítána od bodu P_2 směrem k bodu P_1. Podobně je tomu při počítání jižníků, souřadnicových rozdílů a pod. Je dobře si zvyknout na tento způsob psaní, neboť se tím usnadňuje přehled při výpočtech. Se zřetelem k užívaným vzorcům uvádějí se pořadnice y na prvém místě.

Úloha 1 (obr. 3). Jsou dány souřadnice bodů P_1 (y_1, x_1) a P_2 (y_2, x_2), vypočísti je jižník σ_{12} a délku s_{12} strany P_1P_2.

Body P_1 a P_2 veďme rovnoběžky k osám X a Y, jež se protnou v bodě S_1. Tak obdržíme pravoúhlý trojúhelník $P_1S_1P_2$, jehož odvěsnami jsou rozdíly pořadnic $\overline{P_2S_1} = y_2 - y_1$ a úseček $\overline{S_1P_1} = x_2 - x_1$. Z trojúhelníka plyne

$$\operatorname{tg} \sigma_{12} = \operatorname{tg} \sigma_{P_1P_2} = \frac{P_2S_1}{S_1P_1} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{\Delta y_{21}}{\Delta x_{21}}. \tag{1}$$

Tangentou není určen hledaný úhel jednoznačně, neboť velikost počítaného úhlu odpovídá pouze hodnotě tangenty vyjmuté z tabulek logaritmických nebo přirozených hodnot funkcí. Tangenta úhlu v tabulkách odpovídá určitému ostrému úhlu, který značíme φ a hledaný jižník se rovná buď $\pm \varphi$ nebo $180° \pm \varphi$. Tangentu lze určiti též podílem sinu a kosinu

$$\operatorname{tg} \sigma_{12} = \frac{\sin \sigma_{12}}{\cos \sigma_{12}} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}. \tag{1'}$$

Pravidlo pro stanovení velikosti jižníku se dá sestaviti v podobě tabulky:

Čtverník	I	II	III	IV
$\sin \sigma$ nebo Δy	+	+	—	—
$\cos \sigma$ nebo Δx	+	—	—	+
$\operatorname{tg} \sigma$ nebo $\frac{\Delta y}{\Delta x}$	+	—	+	—
jižník $\sigma°$	$\varphi°$	$180° - \varphi°$	$180° + \varphi°$	$360° - \varphi°$
σ^g	φ^g	$200^g - \varphi^g$	$200^g + \varphi^g$	$400^g - \varphi^g$

Z tabulky se snadno pozná velikost jižníku. Je-li rozdíl souřadnic v čitateli i ve jmenovateli kladný, rovná se jižník σ úhlu φ vyjmutému z tabulek

$$\operatorname{tg} \sigma_{12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{+}{+} = +, \sigma_{12} = \varphi_1.$$

Jižník σ_{21} se liší od jižníku σ_{12} o 180° nebo 200^g, jak ukazuje obr. 3, takže

$$\operatorname{tg} \sigma_{21} = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} = \frac{-}{-} = +, \; \varphi_1 = \ldots$$

Podle tabulky je jižník $\sigma_{21} = 180° + \varphi_1 = 180° + \sigma_{12}$.

Podobně je tomu při výpočtu jižníku strany P_3P_4. Jižník σ_{34} se vypočte podle vzorce

$$\operatorname{tg} \sigma_{34} = \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3} = \frac{+}{-}, \; \varphi_2 = \ldots, \; \sigma_{34} = 180° - \varphi_2.$$

$$\operatorname{tg} \sigma_{43} = \frac{y_3 - y_4}{x_3 - x_4} = \frac{-}{+}, \; \varphi_2 = \ldots, \; \sigma_{43} = 360° - \varphi_2.$$

Souřadnicové rozdíly $(y_3 - y_4)$ a $(y_4 - y_3)$ jsou stejně veliké a liší se jen znaménkem. Tak je tomu u všech podobných rozdílů.

Z $\triangle P_1S_1P_2$ se vypočte strana s_{12}:

$$s_{12} = \frac{y_2 - y_1}{\sin \sigma_{12}} = \frac{x_2 - x_1}{\cos \sigma_{12}}, \quad s_{21} = \frac{y_1 - y_2}{\sin \sigma_{21}} = \frac{x_1 - x_2}{\cos \sigma_{21}}.$$

Podobně platí pro stranu s_{43}

$$s_{43} = \frac{y_3 - y_4}{\sin \sigma_{43}} = \frac{x_3 - x_4}{\cos \sigma_{43}}, \quad s_{43} = \ldots$$

Při výpočtu stran se dosazuje za úhel σ ostrý úhel φ podle vzorců:

$$\begin{array}{ll}
\sigma = 360° \pm \varphi & \sigma = 180° \pm \varphi \\
\sin (360° \pm \varphi) = \pm \sin \varphi & \sin (180° \pm \varphi) = \mp \sin \varphi \\
\cos (360° \pm \varphi) = + \cos \varphi & \cos (180° \pm \varphi) = - \cos \varphi \\
\operatorname{tg} (360° \pm \varphi) = \pm \operatorname{tg} \varphi & \operatorname{tg} (180° \pm \varphi) = \pm \operatorname{tg} \varphi
\end{array}$$

Podobně je tomu u gradového dělení.

Délka strany vyjde vždy kladná, ať ji počítáme jako stranu s_{12} nebo s_{21}, neboť zápornému čitateli odpovídá záporný jmenovatel a podíl vyjde kladný. Počítá-li se délka strany z obou souřadnicových rozdílů, mohou se oba výsledky lišit jen v posledních místech vlivem nestejného kroku goniometrických funkcí, zvláště při velmi ostrém úhlu φ. Za správnou délku se považuje ta, která je vypočtena z číselně většího souřadnicového rozdílu a druhá slouží za kontrolu.

K vyloučení chyb při výpočtu jižníků se provádí 45° nebo 50^g zkouška. Podíl souřadnicových rozdílů dává

$$\operatorname{tg} \sigma_{12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{\Delta y_{21}}{\Delta x_{21}}.$$

Připočteme-li poslední výraz k jednotce a po druhé jej od jednotky odečteme, obdržíme po uvedení na společného jmenovatele:

$$1 + \operatorname{tg} \sigma_{12} = \frac{\Delta x_{21} + \Delta y_{21}}{\Delta x_{21}}, \quad 1 - \operatorname{tg} \sigma_{12} = \frac{\Delta x_{21} - \Delta y_{21}}{\Delta x_{21}}.$$

Podíl obou výrazů dává

$$\frac{1 + \operatorname{tg} \sigma_{12}}{1 - \operatorname{tg} \sigma_{12}} = \frac{\Delta x_{21} + \Delta y_{21}}{\Delta x_{21} - \Delta y_{21}},$$

po dosazení za $1 = \operatorname{tg} 45°$ a úpravě obdržíme

$$\frac{\operatorname{tg} 45° + \operatorname{tg} \sigma_{12}}{1 - \operatorname{tg} 45° \operatorname{tg} \sigma_{12}} = \operatorname{tg} (45° + \sigma_{12}) = \frac{\Delta x_{21} + \Delta y_{21}}{\Delta x_{21} - \Delta y_{21}}$$

nebo

$$\frac{\operatorname{tg} 50^g + \operatorname{tg} \sigma_{12}}{1 - \operatorname{tg} 50^g \operatorname{tg} \sigma_{12}} = \operatorname{tg} (50^g + \sigma_{12}) = \frac{\Delta x_{21} + \Delta y_{21}}{\Delta x_{21} - \Delta y_{21}}.$$

Těmto výrazům se říká zkouška 45stupňová nebo 50gradová. K číselné hodnotě tangenty se najde v tabulkách ostrý úhel ψ a podle tabulky na str. 8 se vypočte výraz v závorkách $(\sigma + 45°)$ nebo $(\sigma + 50^g)$, takže $\sigma_{12} + 45° = n \,.\, 180° \pm \psi$, kde $n = 1$ nebo 2. Pak musí

$$(\sigma_{12} + 45°) - 45° = \sigma_{12}.$$

Podobně je tomu u gradového dělení.*)

Uvedená zkouška je jen kontrolou správnosti číselného výpočtu a užije se vždy při výpočtu jižníků ze souřadnic.

Postup psaní při výpočtu je:

$$\begin{array}{rr}
y_2 = \ldots & x_2 = \ldots \\
y_1 = \ldots & x_1 = \ldots \\
\hline
y_2 - y_1 = \Delta y_{21} = \ldots & x_2 - x_1 = \Delta x_{21} = \ldots \\
\Delta x_{21} + \Delta y_{21} = \ldots & \Delta x_{21} - \Delta y_{21} = \ldots
\end{array}$$

$$\operatorname{tg} \sigma_{12} = \frac{\Delta y_{21}}{\Delta x_{21}} = \ldots \quad \operatorname{tg} (\sigma_{12} + 45°) = \frac{\Delta x_{21} + \Delta y_{21}}{\Delta x_{21} - \Delta y_{21}} = \ldots$$

$$s_{12} = \frac{\Delta y_{21}}{\sin \sigma_{12}} = \frac{\Delta x_{21}}{\cos \sigma_{12}}.$$

Úloha 2 (obr. 3). Je dán bod P_1 souřadnicemi a druhý bod je určen jižníkem σ_{12} a délkou strany s_{12}. Vypočísti souřadnice y_2, x_2 bodu P_2.

Z $\triangle\, P_1S_1P_2$ plyne

$$S_1P_1 = s_{12} \cos \sigma_{12} = x_2 - x_1, \qquad P_2S_1 = s_{12} \sin \sigma_{12} = y_2 - y_1.$$

Oba výrazy poskytují vzorce pro výpočet souřadnic:

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1 + S_1P_1 = x_1 + s_{12} \cos \sigma_{12}, \\ y_2 &= y_1 + P_2S_1 = y_1 + s_{12} \sin \sigma_{12}. \end{aligned}$$

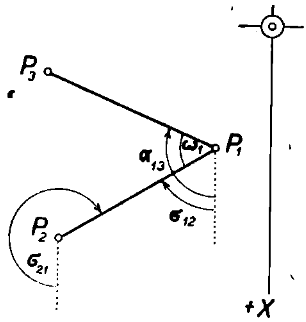
Znaménka souřadnic y_1 a x_1 jsou dána a znaménka s_{12} . . $\cos \sigma_{12}$ a $s_{12} \sin \sigma_{12}$ se řídí pouze znamením goniometrické funkce úhlu σ, neboť délka s je vždy kladná.

Úloha 3 (obr. 4). Je dán jižník σ_{12} strany $s_{12} = \overline{P_1P_2}$ a měřený úhel ω_1. Stanoviti je jižník strany $\overline{P_1P_3}$.

Měřený úhel ω_1 je zatížen nevyhnutelnými chybami, jež přejdou i do hledaného jižníku, který budeme proto nazývati

*) V dalším výkladu bude počítáno jen s dělením stupňovým, neboť ve vzorcích se dají snadno nahradit stupně grady.

pozorovaným jižníkem α na rozdíl od jižníku σ vypočteného ze souřadnic. Pouze tehdy, je-li úhel ω vyrovnán v trigonometrické síti, obdržíme jeho připočtením k danému jižníku vyrovnaný jižník další strany.



Obr. 4. Stanovení pozorovaného jižníku.

Pozorovaný jižník strany P_1P_3 se rovná

$$\alpha_{13} = \sigma_{12} + \omega_1 = (\sigma_{21} - 180°) + \omega_1.$$

Jiný případ ukazuje obr. 5. Je-li úhel ω_2 měřen v bodě P_5, vypočte se jižník strany α_{56} z jižníku σ_{54} takto:

$$\alpha_{56} = \sigma_{54} + (360° - \omega_2) = \sigma_{45} - 180° + (360° - \omega_2) =$$
$$= \sigma_{45} + 180° - \omega_2.$$

Zavedeme-li místo $(360° - \omega_2) = \omega'_2$, pak

$$\alpha_{56} = \sigma_{54} + \omega'_2.$$

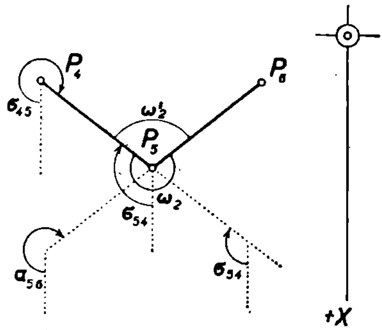
Je-li v bodě P_5 měřeno více úhlů, lze pro lepší přehled vyznačiti velikost jižníků na prodloužených stranách.

Úloha 4 (obr. 6). Jsou dány souřadnice bodů P_1, P_2, P_3 a P_4. Je určiti vrcholové úhly ω_2 a ω_3 v bodech P_2 a P_3.

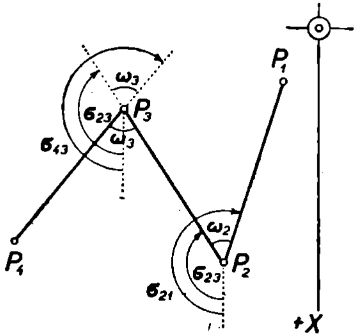
Z daných souřadnic vypočteme jižníky stran:

$$\operatorname{tg} \sigma_{21} = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}, \quad \sigma_{21} = \ldots, \quad \operatorname{tg} \sigma_{23} = \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2}, \quad \sigma_{23} = \ldots,$$

$$\operatorname{tg} \sigma_{43} = \frac{y_3 - y_4}{x_3 - x_4}, \quad \sigma_{43} = \ldots$$



Obr. 5. Jiný případ stanovení pozorovaného jižníku.



Obr. 6. Určení vrcholových úhlů z jižníků.

Sevřený neboli vrcholový úhel ω_2 se rovná rozdílu jižníků příslušných stran

$$\omega_2 = \sigma_{21} - \sigma_{23}.$$

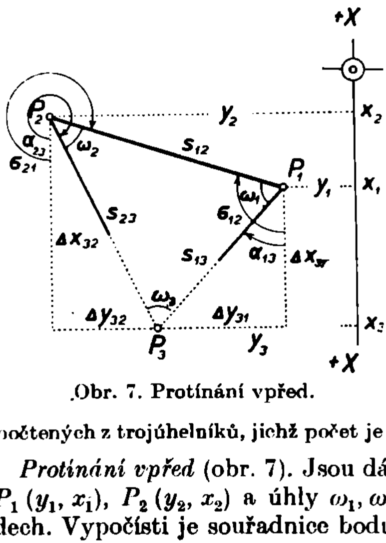
Pro názorné zobrazení a výpočet vrcholového úhlu lze prodloužit ramena úhlu na opačnou stranu, kde obdržíme stejně veliký úhel. Tak je tomu ve vrcholu P_3:

$$\omega_3 = \sigma_{43} - \sigma_{23} = \sigma_{34} - \sigma_{32} + 360°.$$

Sevřený úhel vypočteme, odečteme-li od jižníku pravého ramene jižník levého ramene. Je-li jižník pravého ramene menší, zvětší se jeho velikost o 360°.

1,1. Výpočet souřadnic bodů určených protínáním. Ovládajíce základní vzorce výpočetní, dovedeme řešit v souřadnicích každou úlohu, jež je geometricky určitá. Ze souřadnic daných bodů vypočteme potřebné jižníky a délky stran, případně též vrcholové úhly. Souřadnice mnohých bodů lze vypočísti buď protínáním vpřed nebo zpět, podle toho, v kterých bodech byly měřeny úhly.

Název protínání vpřed nebo zpět je odvozen od způsobu zobrazování na měřickém stole. Při protínání vpřed je hledaný bod určen jako průsečík dvou nebo tří rayonů a bod není stanoviskem. Při zpětném protínání je hledaný bod stanoviskem. Byla-li poloha některého bodu určena protínáním vpřed i zpět, je bod určen kombinovaně.



Obr. 7. Protínání vpřed.

Protínáním vpřed nebo zpět se určuje poloha a přibližné souřadnice bodů podrobné triangulace a bodů určených protínáním. Souřadnice bodů podrobné triangulace se vyrovnávají podle methody nejmenších čtverců, kdežto souřadnice bodů určených protínáním se obdrží jako průměr všech přibližných souřadnic, vypočtených z trojúhelníků, jichž počet je dán počtem daných základen.

Protínání vpřed (obr. 7). Jsou dány souřadnice dvou bodů P_1 (y_1, x_1), P_2 (y_2, x_2) a úhly ω_1, ω_2, měřené na daných bodech. Vypočísti je souřadnice bodu P_3 (y_3, x_3).

Souřadnice bodu P_3 se vypočtou ze souřadnicových rozdílů a k tomu je třeba znáti jižníky a délky stran. Nejdříve se vypočte jižník σ_{12} a délka dané strany:

$$\operatorname{tg} \sigma_{12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \quad \sigma_{12} = \ldots, \quad \operatorname{tg} (\sigma_{12} + 45^\circ) = \frac{\Delta x_{21} + \Delta y_{21}}{\Delta x_{21} - \Delta y_{21}},$$

$$\sigma_{12} + 45^\circ = \ldots, \quad s_{12} = \frac{y_2 - y_1}{\sin \sigma_{12}} = \frac{x_2 - x_1}{\cos \sigma_{12}},$$

nato se vypočtou pozorované jižníky:

$$\alpha_{13} = \sigma_{12} - \omega_1, \quad \alpha_{23} = \sigma_{21} + \omega_2 = \sigma_{12} + 180^\circ + \omega_2.$$

Podle sinové věty se vypočtou délky určujících stran s_{13} a s_{23}:

$$s_{13} = s_{12} \frac{\sin \omega_2}{\sin \omega_3}, \quad s_{23} = s_{12} \frac{\sin \omega_1}{\sin \omega_3},$$

$$\omega_3 = 180^\circ - (\omega_1 + \omega_2).$$

Znajíce jižníky a délky stran, vypočteme souřadnicové rozdíly, jednou se zřetelem k bodu P_1 a po druhé k bodu P_2:

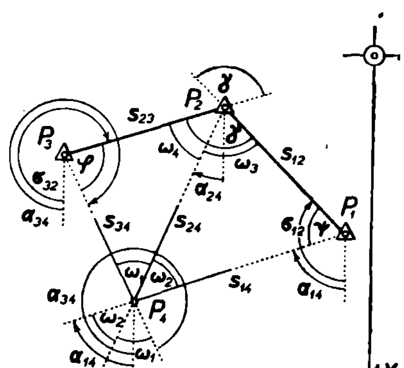
$$y_3 - y_1 = \Delta y_{31} = s_{13} \sin \alpha_{13}, \qquad y_3 - y_2 = \Delta y_{32} = s_{23} \sin \alpha_{23}$$
$$x_3 - x_1 = \Delta x_{31} = s_{13} \cos \alpha_{13}, \qquad x_3 - x_2 = \Delta x_{32} = s_{23} \cos \alpha_{23}$$

a souřadnice bodu P_3 jsou:

$$y_3 = y_1 + s_{13} \sin \alpha_{13} = y_2 + s_{23} \sin \alpha_{23},$$
$$x_3 = x_1 + s_{13} \cos \alpha_{13} = x_2 + s_{23} \cos \alpha_{23}.$$

Dvakráte vypočtené souřadnice bodu P_3 se musí shodovat a rozdíl smí být jen na posledním desetinném místě (v centimetrech) vlivem zaokrouhlování posledních míst a nestejného kroku goniometrických funkcí.

Stejně se postupuje, jsou-li úhly měřeny v jednom bodě daném a druhém určovaném. Jsou-li úhly měřeny ve všech bodech, vyrovnají se na 360° a další výpočet je stejný.



Obr. 8. Protínání zpět pomocným úhlem.

Protínání zpět. a) *Pomocným úhlem* (obr. 8). Jsou dány souřadnice tří bodů P_1 (y_1, x_1), P_2 (y_2, x_2) a P_3 (y_3, x_3). Vypočísti souřadnice bodu P_4, v němž byly měřeny úhly ω_1 a ω_2.

Tento případ je Snelliovou úlohou a někdy je zván též úlohou Pothenotovou. Trigonometrické řešení bylo podáno na konci 1. dílu. Nejdříve vypočteme jižníky a délky stran:

$$\operatorname{tg}\sigma_{12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \ \sigma_{12} = \ldots, \ s_{12} = \frac{y_2 - y_1}{\sin\sigma_{12}} = \frac{x_2 - x_1}{\cos\sigma_{12}},$$

$$\operatorname{tg}\sigma_{32} = \frac{y_2 - y_3}{x_2 - x_3}, \ \sigma_{32} = \ldots, \ s_{32} = \frac{y_2 - y_3}{\sin\sigma_{32}} = \frac{x_2 - x_3}{\cos\sigma_{32}}.$$

Výpočet jižníků se kontroluje zkouškou 45stupňovou. Zkouška jižníků není však kontrolou správného odečtení souřadnic čili utvoření souřadnicových rozdílů. Správnost odečtení souřadnic se přezkouší takto:

$$y_2 - y_1 = \ldots, \ y_2 - y_3 = \ldots, \ y_3 - y_1 = \ldots$$
$$x_2 - x_1 = \ldots, \ x_2 - x_3 = \ldots, \ x_3 - x_1 = \ldots$$

utvoříce rozdíly prvých dvou souřadnicových rozdílů pro y a x, musí se číselné hodnoty shodovati s třetím rozdílem:

$$(y_2 - y_1) - (y_2 - y_3) = y_3 - y_1,$$
$$(x_2 - x_1) - (x_2 - x_3) = x_3 - x_1,$$

což je kontrolou správného odečtení souřadnic.

Z vypočtených jižníků se stanoví velikost sevřeného úhlu γ ve vrcholu P_2: $\gamma = \sigma_{32} - \sigma_{12}$. Řešený obrazec je čtyrúhelník a známe v něm pět veličin, tři úhly $\gamma, \omega_1, \omega_2$ a dvě strany s_{12}, s_{23}, tím je úloha jednoznačně určena. K výpočtu souřadnic je nutno znáti jižníky a délky stran. Napřed se vypočtou neznámé úhly φ a ψ ve vrcholech P_1 a P_3. Vypočtou se některým ze způsobů uvedených v 1. dílu na str. 134 až 137. Na př.:

$$\frac{\varphi + \psi}{2} = \frac{360^\circ - (\gamma + \omega_1 + \omega_2)}{2} = p,$$

$$\frac{\sin\varphi}{\sin\psi} = \frac{s_{12}\sin\omega_1}{s_{23}\sin\omega_2} = \operatorname{tg}\mu, \ \mu = \ldots, \ \mu - 45^\circ = \ldots,$$

$$\operatorname{tg}\frac{\varphi-\psi}{2}=\operatorname{tg}\frac{\varphi+\psi}{2}\operatorname{tg}(\mu-45^\circ),$$

$$\frac{\varphi-\psi}{2}=q,\quad \varphi=p+q,$$

$$\frac{\varphi+\psi}{2}=p,\quad \psi=p-q.$$

Kontrolou vypočtených úhlů je součet

$$\omega_1+\omega_2+\gamma+\varphi+\psi=360^\circ.$$

K výpočtu délek určujících stran známe nyní všechny úhly a dvě strany vypočtené ze souřadnic:

$$s_{14}=s_{12}\frac{\sin\omega_3}{\sin\omega_2}=s_{12}\frac{\sin(\omega_2+\psi)}{\sin\omega_2},$$

$$s_{34}=s_{23}\frac{\sin\omega_4}{\sin\omega_1}=s_{23}\frac{\sin(\omega_1+\varphi)}{\sin\omega_1},$$

$$s_{24}=s_{12}\frac{\sin\psi}{\sin\omega_2}=s_{23}\frac{\sin\varphi}{\sin\omega_1},$$

$$\omega_3=180^\circ-(\omega_2+\psi),\quad \omega_4=180^\circ-(\omega_1+\varphi).$$

Z jižníků daných stran, z měřených a vypočtených úhlů odvodíme pozorované jižníky:

$$\alpha_{14}=\sigma_{12}-\psi,\quad \alpha_{34}=\sigma_{32}+\varphi,$$
$$\alpha_{24}=\sigma_{21}+\omega_3=\sigma_{23}-\omega_4=\alpha_{34}+\omega_1=\alpha_{14}-\omega_2.$$

Na to se vypočtou souřadnicové rozdíly:

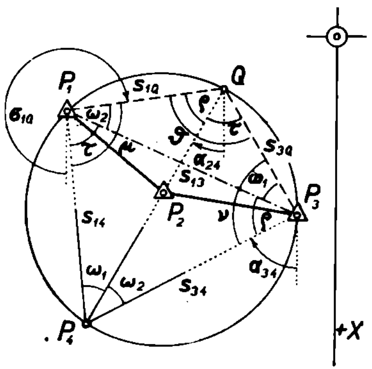
$$y_4-y_1=s_{14}\sin\alpha_{14},\quad x_4-x_1=s_{14}\cos\alpha_{14}$$
$$y_4-y_2=s_{24}\sin\alpha_{24},\quad x_4-x_2=s_{24}\cos\alpha_{24}$$
$$y_4-y_3=s_{34}\sin\alpha_{34},\quad x_4-x_3=s_{34}\cos\alpha_{34}$$

a souřadnice čtvrtého bodu P_4 jsou:

$$y_4=y_1+s_{14}\sin\alpha_{14}=y_2+s_{24}\sin\alpha_{24}=y_3+s_{34}\sin\alpha_{34},$$
$$x_4=x_1+s_{14}\cos\alpha_{14}=x_2+s_{24}\cos\alpha_{24}=x_3+s_{34}\cos\alpha_{34}.$$

Výsledky třikráte vypočtených souřadnic musí souhlasit. Postačí je počítat ze dvou bodů a teprve když se objeví větší odchylka, přikročí se k výpočtu souřadnic ze třetího bodu.

V triangulačních pracích se stanoví souřadnice určovaného bodu z většího počtu daných bodů a obyčejně ze čtyř. Ze tří bodů se vypočtou přibližné souřadnice a vyrovnají se methodou nejmenších čtverců.



Obr. 9. Protínání zpět pomocným bodem Collinsovým.

b) *Pomocným bodem Collinsovým* (obr. 9). Jsou dány tři body P_1, P_2, P_3 souřadnicemi a úlohou je vypočísti souřadnice bodu P_4, v němž byly měřeny úhly ω_1 a ω_2.

Postup řešení je:

Určovaný bod P_4 pokládejme za známý a opišme kružnici bodům P_1, P_3 a P_4. Spojnice P_4P_2 protne kružnici v Collinsově bodu Q. Proti stejným tětivám leží stejné úhly a proto úhly $Q\widehat{P_3}P_1 = Q\widehat{P_4}P_1 = \omega_1$ a $Q\widehat{P_1}P_3 = Q\widehat{P_4}P_3 = \omega_2$. Tím je dána poloha bodu Q. Spojnice QP_2 protne opsanou kružnici v určovaném bodu P_4 a tím je dán též postup řešení. V $\triangle P_1P_3Q$ vypočteme z daných souřadnic jižník strany s_{13} a její délku. Z vypočtené délky a přilehlých úhlů se vypočtou délky určujících stran a nato souřadnice bodu Q, jako je tomu u protínání vpřed:

$$\operatorname{tg} \sigma_{13} = \frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} = \ldots,\quad \sigma_{13} = \ldots,\quad s_{13} = \frac{y_3 - y_1}{\sin \sigma_{13}} = \frac{x_3 - x_1}{\cos \sigma_{13}}$$

úhel ve vrcholu $Q : \vartheta = 180^\circ - (\omega_1 + \omega_2)$.

Výpočet délek určujících stran:

$$s_{1Q} = s_{13} \frac{\sin \omega_1}{\sin (\omega_1 + \omega_2)} = \frac{y_3 - y_1}{\sin \sigma_{13}} \cdot \frac{\sin \omega_1}{\sin (\omega_1 + \omega_2)} =$$
$$= m \cdot \sin \omega_1,$$

$$s_{3Q} = s_{13} \frac{\sin \omega_2}{\sin (\omega_1 + \omega_2)} = \frac{y_3 - y_1}{\sin \sigma_{13}} \cdot \frac{\sin \omega_2}{\sin (\omega_1 + \omega_2)} =$$
$$= m \cdot \sin \omega_2.$$

Jižníky určujících stran jsou:

$$\alpha_{1Q} = \sigma_{13} - \omega_2, \; \alpha_{3Q} = \sigma_{31} + \omega_1 = \sigma_{13} - 180° + \omega_1.$$

Ze stran a jižníků se vypočtou souřadnicové rozdíly bodu Q:

$$y_Q - y_1 = s_{1Q} \sin \alpha_{1Q} = \Delta y_{Q1},$$
$$x_Q - x_1 = s_{1Q} \cos \alpha_{1Q} = \Delta x_{Q1}$$
$$y_Q - y_3 = s_{3Q} \sin \alpha_{3Q} = \Delta y_{Q3},$$
$$x_Q - x_3 = s_{3Q} \cos \alpha_{3Q} = \Delta x_{Q3}$$

a souřadnice bodu Q

$$y_Q = y_1 + \Delta y_{Q1} = y_3 + \Delta y_{Q3},$$
$$x_Q = x_1 + \Delta x_{Q1} = x_3 + \Delta x_{Q3}.$$

Souřadnice bodu Q dvakrát vypočtené musí souhlasiti.

Dále vypočteme jižník strany s_{Q2}, který je shodný s jižníkem strany s_{Q4}:

$$\operatorname{tg} \alpha_{Q2} = \frac{y_2 - y_Q}{x_2 - x_Q} = \ldots, \; \alpha_{Q2} = \ldots,$$

$$\alpha_{Q2} = \alpha_{24}.$$

Pro výpočet jižníků dalších stran je nutno stanoviti velikost úhlů ϱ a τ v bodě Q:

$$\varrho = \alpha_{Q1} - \alpha_{Q2} = \sigma_{31} - \alpha_{34}$$
$$\tau = \alpha_{Q2} - \alpha_{Q3} = \alpha_{14} - \sigma_{13}$$

se zkouškou $\vartheta = \varrho + \tau$.

Úhly μ a ν ve vrcholech P_1 a P_3 jsou výplňky na 180°

$$\mu = 180° - (\varrho + \omega_1) = \omega_2 + \tau$$
$$\nu = 180° - (\omega_2 + \tau) = \omega_1 + \varrho$$

a jižníky určujících stran jsou

$$\alpha_{14} = \sigma_{13} + \tau = \alpha_{1Q} + \mu, \quad \alpha_{34} = \sigma_{31} - \varrho = \alpha_{3Q} - \nu.$$

Nato se přikročí k výpočtu délek stran určujících:

$$s_{14} = s_{1Q} \frac{\sin \varrho}{\sin \omega_1} = \frac{(y_3 - y_1)}{\sin \sigma_{13}} \cdot \frac{\sin \omega_1 \sin \varrho}{\sin \vartheta \sin \omega_1} = m \,.\, \sin \varrho,$$

$$s_{34} = s_{3Q} \frac{\sin \tau}{\sin \omega_2} = \frac{(y_3 - y_1)}{\sin \sigma_{13}} \cdot \frac{\sin \omega_2 \sin \tau}{\sin \vartheta \sin \omega_2} = m \,.\, \sin \tau,$$

$$s_{Q4} = s_{1Q} \frac{\sin \mu}{\sin \omega_1} = s_{3Q} \frac{\sin \nu}{\sin \omega_2}, \quad m = \frac{(y_3 - y_1)}{\sin \sigma_{13} \,.\, \sin \vartheta}.$$

Z vypočtených jižníků a délek stran se stanoví souřadnicové rozdíly

$$y_4 - y_1 = \Delta y_{41} = s_{14} \sin \alpha_{14}, \quad x_4 - x_1 = \Delta x_{41} = s_{14} \cos \alpha_{14}$$
$$y_4 - y_3 = \Delta y_{43} = s_{34} \sin \alpha_{34}, \quad x_4 - x_3 = \Delta x_{43} = s_{34} \cos \alpha_{34}$$
$$y_4 - y_Q = \Delta y_{4Q} = s_{Q4} \sin \alpha_{Q4}, \quad x_4 - x_Q = \Delta x_{4Q} = s_{Q4} \cos \alpha_{Q4}$$

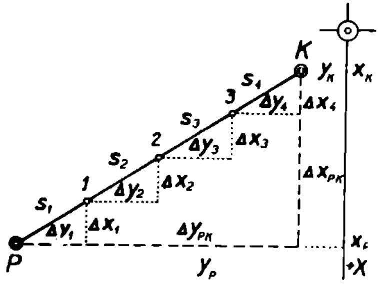
a souřadnice bodu P_4:

$$y_4 = y_1 + \Delta y_{41} = y_3 + \Delta y_{43} = y_Q + \Delta y_{4Q}$$
$$x_4 = x_1 + \Delta x_{41} = x_3 + \Delta x_{43} = x_Q + \Delta x_{4Q}.$$

Souřadnicové řešení trigonometrických úloh. Všechny trigonometrické úlohy, jež byly v 1. dílu probrány, řešíme v souřadnicích obdobně, při čemž užíváme základních vzorců pro výpočet souřadnic. Ze souřadnic daných bodů se vypočtou jižníky, délky stran a sevřené úhly a to jen těch, jichž je třeba k dalšímu výpočtu. Neznámé úhly se vypočtou některým ze způsobů uvedených při trigonometrickém řešení úloh. Z vypočtených jižníků a měřených úhlů se odvodí pozorované jižníky a délky určujících stran. Nato se stanoví souřadnicové rozdíly a souřadnice určovaných bodů.

1,2. Výpočet souřadnic bodů na přímce. (obr. 10). Jsou dány dva body pravoúhlými souřadnicemi, počátečním P a koncovým K. Při průběžném měření spojnice PK byly zaměřeny (zastaničeny) body *1*, *2* a *3*, jichž souřadnice je určiti.

Při průběžném měření se odčítá poloha každého bodu se zřetelem k počátečnímu bodu a jednotlivé úseky s_1 až s_4 se obdrží jako rozdíly čtení u jednotlivých bodů. Součet úseků $s_1 + s_2 + s_3 + s_4 = S_m$ musí dáti měřenou délku mezi oběma danými body.



Obr. 10. Body na přímce.

Postup výpočtu:

Ze souřadnic počátečního a koncového bodu se vypočte jižník σ_{PK} a délka S_V

$$S_V = \frac{y_K - y_P}{\sin \sigma_{PK}} = \frac{x_K - x_P}{\cos \sigma_{PK}} = \sqrt{\Delta y_{KP}^2 + \Delta x_{KP}^2}\,.$$

Vypočtená délka S_V a měřená S_m musí souhlasiti a případný rozdíl mezi nimi $S_V - S_m$ musí být malý. Pro katastrální účely nesmí překročiti mez danou rovnicí $\Delta S = 0{,}012\sqrt{S} + 0{,}16$, kde S je měřená délka. Není-li daná mez překročena, vypočtou se souřadnicové rozdíly z podobných trojúhelníků, jak je vidět přímo v obrazci 10:

$$\Delta y_1 = y_1 - y_P = \frac{\Delta y_{KP}}{S_m} s_1 = k_y s_1,$$

$$\Delta y_2 = y_2 - y_1 = \frac{\Delta y_{KP}}{S_m} s_2 = k_y s_2,$$

$$\Delta y_4 = y_K - y_3 = \frac{\Delta y_{KP}}{S_m} s_4 = k_y s_4,$$

$$[\Delta y] = \Delta y_{KP} \quad = \ldots$$

$$\Delta x_1 = x_1 - x_P = \frac{\Delta x_{KP}}{S_m} s_1 = k_x s_1,$$

$$\Delta x_2 = x_2 - x_1 = \frac{\Delta x_{KP}}{S_m} s_2 = k_x s_2,$$

$$\Delta x_4 = x_K - x_3 = \frac{\Delta x_{KP}}{S_m} s_4 = k_x s_4,$$

$$[\Delta x] = \Delta x_{KP} \quad = \ldots$$

Ve výrazech znamená

$$k_y = \frac{\Delta y_{KP}}{S_m} \quad \text{a} \quad k_x = \frac{\Delta x_{KP}}{S_m}.$$

Kontrolou výpočtu je:

$[\Delta y]$ musí se rovnat Δy_{KP} a podobně $[\Delta x]$ se musí rovnat Δx_{KP}.

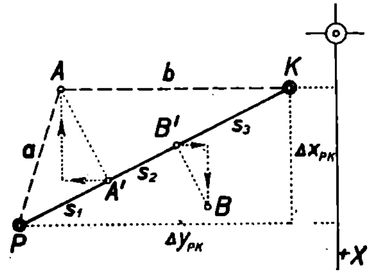
Souřadnice mezilehlých bodů se vypočtou postupným připočítáváním jednotlivých rozdílů k souřadnicím předcházejícího bodu a musí se dospěti k souřadnicím koncového bodu:

$$\begin{aligned} y_1 &= y_P + \Delta y_1 \qquad & x_1 &= x_P + \Delta x_1 \\ y_2 &= y_1 + \Delta y_2 & x_2 &= x_1 + \Delta x_2 \\ y_3 &= y_2 + \Delta y_3 & x_3 &= x_2 + \Delta x_3 \\ y_K &= y_3 + \Delta y_4 & x_K &= x_3 + \Delta x_4 \end{aligned}$$

Souřadnice koncového bodu musí absolutně souhlasiti se souřadnicemi danými. Je-li po ruce počítací stroj, provede se celý výpočet strojem a zapisují se jen výsledky.

1,3. Výpočet souřadnic bodu na kolmici k dané přímce (obr. 11). Jsou dány souřadnice bodů P a K, na jejichž spojnici je zaměřen bod A dvěma délkami a a b a bod B úsečkou a pořadnicí (kolmicí). Je vypočísti souřadnice bodů A a B.

Nejdříve se vypočtou souřadnice pat kolmic A' a B'. Bod A je určen dvěma délkami a k stanovení polohy bodu A' se užije



Obr. 11. Body mimo přímku.

způsob početní uvedený v 1. dílu na str. 73 a 74. K výpočtu se užijí vzorce:

$$m = \frac{(a + b)(a - b)}{c}$$

$$\overline{PA'} = x = \frac{m + c}{2} \quad \text{nebo} \quad \overline{PA'} = \frac{c^2 + a^2 - b^2}{2c},$$

$$\overline{A'K} = y = \frac{c - m}{2} \quad \text{nebo} \quad \overline{A'K} = \frac{c^2 - a^2 + b^2}{2c},$$

$$v = \overline{AA'} = a^2 - x^2 = b^2 - y^2,$$

kde $a = \overline{PA}$, $b = \overline{AK}$, $c = \overline{PK}$, $\overline{PA'} = x$, $\overline{A'K} = y$.

Postup výpočtu je:

Nejdříve se vypočte délka $S_{PK} = S_V$ některým ze vzorců

$$S_V = \frac{y_K - y_P}{\sin \sigma_{PK}} = \frac{x_K - x_P}{\cos \sigma_{PK}} = \sqrt{\Delta y_{KP}^2 + \Delta x_{KP}^2}$$

a porovná se s délkou přímo měřenou S_m. Případný rozdíl musí být v přípustných mezích. Nato se vypočtou souřadnicové rozdíly pro body A' a B'. Jednotlivé úseky na měřené přímce označme

$$s_1 = \overline{PA'} = x, \quad s_2 = \overline{A'B'} \quad \text{a} \quad s_3 = \overline{B'K}$$

a jejich kontrolou je součet

$$s_1 + s_2 + s_3 = S_m.$$

Souřadnicové rozdíly jsou:

$$y_{A'} - y_P = \frac{\Delta y_{KP}}{S_m} \cdot s_1 = k_y \cdot s_1,$$

atd.

$$x_{A'} - x_P = \frac{\Delta x_{KP}}{S_m} \cdot s_1 = k_x \cdot s_1$$

atd.

a souřadnice pat bodů A' a B' se rovnají

$$\begin{aligned} y_{A'} &= y_P + k_y \cdot s_1 & x_{A'} &= x_P + k_x \cdot s_1 \\ y_{B'} &= y_{A'} + k_y \cdot s_2 & x_{B'} &= x_{A'} + k_x \cdot s_2 \\ y_K &= y_{B'} + k_y \cdot s_3 & x_K &= x_{B'} + k_x \cdot s_3 \end{aligned}$$

Znaménko konstant k_y a k_x je závislé na znaménku souřadnicových rozdílů počátečního a koncového bodu. Rostou-li souřadnice od počátečního bodu ke koncovému, je znaménko konstant kladné, jinak je záporné.

Výpočet souřadnicových rozdílů a souřadnic bodů A a B se provede opět na základě podobných trojúhelníků nebo se zřetelem k jižníku kolmice $A'A$, která má jižník o 90° menší než strana PK:

$$\sigma_{AA'} = \sigma_{PK} - 90°$$

a tím souřadnicové rozdíly jsou

$$\Delta y_{AA'} = \overline{A'A} \sin \sigma_{A'A} = \overline{A'A} \cos \sigma_{PK} = \overline{A'A} \frac{\Delta x_{KP}}{S_m} =$$
$$= k_x \, . \, \overline{A'A}$$
$$\Delta x_{AA'} = \overline{A'A} \cos \sigma_{A'A} = \overline{A'A} \, (-\sin \sigma_{PK}) =$$
$$= -\overline{A'A} \frac{\Delta y_{KP}}{S_m} = -k_y \, . \, \overline{A'A} \, .$$

Souřadnice bodu A jsou dány výrazy

$$y_A = y_{A'} + k_x \, . \, \overline{A'A}, \quad x_A = x_{A'} - k_y \, . \, \overline{A'A} \, .$$

Podobně je tomu u bodu B:

$$y_B = y_{B'} + k_x \, . \, \overline{BB'}, \quad x_B = x_{B'} - k_y \, . \, \overline{BB'} \, .$$

Konstanty k_y a k_x se tudíž užijí pro výpočet souřadnic jak pro paty kolmic, tak pro koncové body kolmic. Pro koncové body kolmic se však užije činitele k_y k výpočtu úsečky x a činitele k_x pro výpočet pořadnice y. Délka kolmice se vloží do vzorců kladná, je-li vpravo a záporná, je-li vlevo od směru měřené přímky. Znaménko souřadnicových rozdílů se kontroluje snadno na obrazci, vedeme-li patou a koncovým bodem kolmice rovnoběžky s osami X a Y. Poloha koncového bodu kolmice udává, zda se jeho souřadnice vzhledem k patě zvětšují nebo zmenšují.

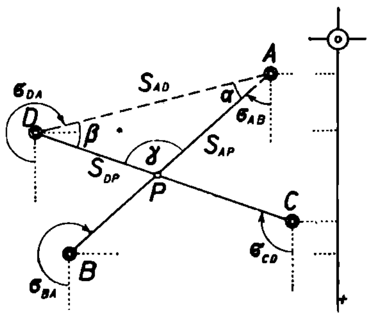
Souřadnice bodu A lze vypočísti též jako případ protínání vpřed, neboť ze souřadnic koncových bodů přímky lze vypočísti jižník a délku strany PK. V trojúhelníku známe všechny strany, z nichž se vypočtou, dosazením do vzorců pro tangenty polovičních úhlů, vrcholové úhly.

1,4. Výpočet souřadnic průsečíku dvou přímek. (obr. 12). Jsou dány souřadnice krajních bodů dvou přímek AB a CD, vypočísti je souřadnice jejich průsečíku. Výpočet lze provésti několikerým způsobem.

Řešení 1. Průsečík P je na obou přímkách a tím lze psáti:

$$\operatorname{tg} \sigma_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{y_P - y_A}{x_P - x_A}, \tag{1}$$

$$\operatorname{tg} \sigma_{CD} = \frac{y_D - y_C}{x_D - x_C} = \frac{y_P - y_C}{x_P - x_C}. \tag{2}$$



Obr. 12. Průsečík dvou přímek.

Souřadnice průsečíku musí vyhovět oběma rovnicím

$$y_P - y_A = (x_P - x_A) \operatorname{tg} \sigma_{AB}, \tag{3}$$

$$y_P - y_C = (x_P - x_C) \operatorname{tg} \sigma_{CD}. \tag{4}$$

Odečtením rovnice (4) od (3) obdržíme

$$y_C - y_A = x_P (\operatorname{tg} \sigma_{AB} - \operatorname{tg} \sigma_{CD}) - x_A \operatorname{tg} \sigma_{AB} + x_C \operatorname{tg} \sigma_{CD}. \tag{5}$$

Z poslední rovnice obdržíme

$$x_P = \frac{y_C - y_A + x_A \operatorname{tg} \sigma_{AB} - x_C \operatorname{tg} \sigma_{CD}}{\operatorname{tg} \sigma_{AB} - \operatorname{tg} \sigma_{CD}}. \tag{6}$$

Odečteme-li od rovnice (6) na obou stranách jednou x_A a po druhé x_C, obdržíme po úpravě

$$x_P - x_A = \frac{y_C - y_A + (x_A - x_C)\operatorname{tg}\sigma_{CD}}{\operatorname{tg}\sigma_{AB} - \operatorname{tg}\sigma_{CD}} =$$

$$= \frac{\Delta y_{CA} + \Delta x_{AC}\operatorname{tg}\sigma_{CD}}{\operatorname{tg}\sigma_{AB} - \operatorname{tg}\sigma_{CD}}, \tag{7}$$

$$x_P - x_C = \frac{y_C - y_A + (x_A - x_C)\operatorname{tg}\sigma_{AB}}{\operatorname{tg}\sigma_{AB} - \operatorname{tg}\sigma_{CD}} =$$

$$= \frac{\Delta y_{CA} + \Delta x_{AC}\operatorname{tg}\sigma_{AB}}{\operatorname{tg}\sigma_{AB} - \operatorname{tg}\sigma_{CD}}. \tag{8}$$

Z rovnic (7) a (8) se vypočte souřadnice x_P dvakráte a dosazením do rovnic (3) a (4) se obdrží souřadnice y_P.

Řešení 2. Výpočet se převede na protínání vpřed. Z daných souřadnic se vypočtou jižníky σ_{AB}, σ_{AD}, σ_{DC} a délka strany s_{AD}. Vrcholové úhly se vypočtou jako rozdíly jižníků

$$\alpha = \sigma_{AD} - \sigma_{AB},\ \beta = \sigma_{DC} - \sigma_{DA},\ \gamma = \sigma_{BA} - \sigma_{CD} =$$
$$= 180^\circ - (\alpha + \beta).$$

Řešením $\triangle\, ADP$ se vypočtou délky stran s_{AP} a s_{DP}

$$s_{AP} = s_{AD}\frac{\sin\beta}{\sin\gamma}, \qquad s_{DP} = s_{AD}\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}.$$

Z jižníků a délek stran se stanoví souřadnicové rozdíly

$$\Delta y_{PA} = s_{AP}\sin\sigma_{AP},\ \Delta x_{PA} = s_{AP}\sin\sigma_{AP},$$
$$\Delta y_{PD} = s_{DP}\sin\sigma_{DP},\ \Delta x_{PD} = s_{DP}\sin\sigma_{DP},$$
$$\sigma_{AP} = \sigma_{AB},\ \sigma_{DP} = \sigma_{DC}$$

a souřadnice bodu P se určí dvakrát:

$$y_P = y_A + \Delta y_{PA} = y_D + \Delta y_{PD},$$
$$x_P = x_A + \Delta x_{PA} = x_D + \Delta x_{PD}.$$

Řešení 3. Byl-li průsečík obou přímek v poli určen a při měření přímek odečten, vypočtou se souřadnice průsečíku jako bodu na přímce a to pro každou přímku zvlášť, jednou jako bodu na přímce AB, po druhé jako bodu na přímce CD.

Vlivem nevyhnutelných chyb se budou dvakráte vypočtené souřadnice bodu P lišit a za nejpravděpodobnější souřadnice se užije jejich aritmetický průměr. Rozdíly délek přímek vypočtených jednou ze souřadnic, po druhé přímo měřené musí být v přípustných mezích.

Postupovati lze též tak, že se souřadnice průsečíku vypočtou po prvé způsobem, jakoby průsečík nebyl vůbec v poli odečten, po druhé se stanoví souřadnice jako u bodu na přímce. Vypočtené souřadnice se mezi sebou porovnají a jsou-li v přípustných mezích, užijí se souřadnice vypočtené z druhého výpočtu a souřadnice stanovené z prvého výpočtu se považují jen za kontrolní.

Řešení 4. Přímka daná souřadnicemi dvou bodů má rovnici

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) = k\,(x - x_1)$$

a souřadnice průsečíku musí vyhověti dvěma takovým rovnicím

$$\begin{aligned} y_P - y_1 &= k_1(x_P - x_1) \\ y_P - y_2 &= k_2(x_P - x_2) \end{aligned} \quad \text{čili} \quad \begin{aligned} y_P - k_1x_P - y_1 + k_1x_1 &= 0, \\ y_P - k_2x_P - y_2 + k_2x_2 &= 0, \end{aligned}$$

$$\text{nebo} \quad \begin{aligned} y_P - k_1x_P + c_1 &= 0 \\ y_P - k_2x_P + c_2 &= 0 \end{aligned}$$

jež řešeny, dávají souřadnice y_P a x_P bodu P.

Aby se nepočítalo s velkými čísly, zmenší se souřadnice bodů A, B, C a D o určitou konstantu y_k a x_k, nejlépe zaokrouhlenou na celá sta nebo desítky metrů a k vypočteným redukovaným souřadnicím bodu P se konstanty opět připočtou.

K výpočtu souřadnic lze užít též determinantů.

1,5. Výpočet souřadnic polygonových bodů. Body podrobné triangulace s průměrnou délkou stran 2 km nepostačí k zaměření všech předmětů měření a musí se přiměřeně zhustiti. Děje se tak volbou bodů, jež se stanoví protínáním. Jejich vzdálenost se volí od 0,5 do 1,2 km podle povahy území. Měření úhlů k určení jejich souřadnic se koná stejně jako u bodů podrobné trigonometrické sítě.

Mezi body o daných souřadnicích se volí polygonové body, které se spojují délkově i úhlově a tak se obdrží lomené čáry, jimž se říká polygonové pořady nebo tahy. Hustota polygonových bodů se volí taková, aby se získala síť pomocných měřických přímek, na níž je možno zaměřiti všechny předměty nalézající se na zemském povrchu kolmicemi do délky 30 m a u bodů méně důležitých do 50 m.

Celkem rozeznáváme:

1. hlavní polygonové pořady, které spojují trigonometrické body nebo body stanovené protínáním;

2. zauzlené polygonové pořady, které vycházejíce ze tří nebo více bodů trigonometrických nebo bodů stanovených protínáním, spojují se v jednom společném bodu;

3. vedlejší polygonové pořady, které spojují polygonové body hlavních pořadů nebo trigonometrický bod (bod určený protínáním) s některým polygonovým bodem. Sem patří též pořady spojující body vedlejších polygonových pořadů.

Strany polygonových pořadů se nazývají měřickými přímkami.

Pomocné měřické přímky se dělí na

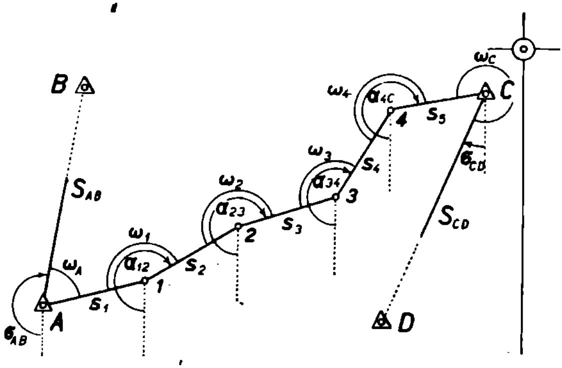
1. hlavní, které spojují polygonové body různých pořadů nebo body ležící na polygonových stranách;

2. vedlejší, které spojují body na hlavních a vedlejších pomocných měřických přímkách;

3. rayon, to je přímka vedená kolmo nebo šikmo k některé polygonové straně nebo pomocné měřické přímce.

Polygonový pořad má mezi danými body probíhati pokud možno přímo a jen v nepříznivých případech smí být i silně zalomený nebo může míti tvar uzavřeného obrazce.

Pro výpočet souřadnic bodů polygonových pořadů je nutno znáti souřadnice počátečního a koncového bodu pořadu, případně též souřadnice bodů, na něž se pořad úhlově připojuje. V poli se měří délky stran a vrcholové úhly. Délky se měří přímo pásmem nebo latí nebo opticky. Polygonový pořad je přeurčený a počet nadbytečných prvků se užije k vyrovnání úhlů a souřadnicových rozdílů.



Obr. 13. Polygonový pořad oboustranně usměrněný.

Polygonové pořady, které spojují vzdálené body mezi sebou, budeme v dalším nazývati dálkovými na rozdíl od uzavřených polygonových pořadů (obrazců). V dalším výkladu bude podáno povšechné řešení.

Výpočet a vyrovnání polygonového pořadu. (obr. 13). Jsou dány body A a C souřadnicemi, mezi nimiž je volen polygonový pořad $A1234C$. Pro úhlové připojení bylo v bodech A a C zaměřeno na body B a D, jichž souřadnice jsou též dány. V poli byly měřeny délky s_1, s_2 až s_5 a vrcholové úhly ω, případně jejich doplňky (360° — ω), tudíž úhly $\omega_A, \omega_1, \dots$ až ω_C. Je vypočísti souřadnice bodů *1* až *4*.

Podle obrazce je to případ oboustranně usměrněného pořadu. Pro výpočet souřadnicových rozdílů je nutno znáti délky a jižníky měřených stran. Pro výpočet jižníků vyjdeme od jižníků trigonometrických stran, vypočtených ze souřadnic:

$$\operatorname{tg} \sigma_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}, \quad \sigma_{AB} = \dots, \quad \operatorname{tg} \sigma_{CD} = \frac{y_D - y_C}{x_D - x_C},$$

$$\sigma_{CD} = \dots$$

a výpočet kontrolujeme 45stupňovou zkouškou. Současně s jižníky vypočteme délky připojovacích stran S_{AB} a S_{CD}.

Jižníky měřených stran odvodíme z jižníku dané strany a vrcholových úhlů měřených po levé straně polygonového pořadu. Vyjdeme-li od bodu A směrem k bodu C počítáme s úhly ω a vyšli-li bychom od bodu C směrem k bodu A, užijí se k výpočtu jižníků doplňky (360° — ω). Podle obr. 13 je zřejmo, že

$$\begin{aligned}
\alpha_{A1} &= \sigma_{AB} + \omega_A \\
\alpha_{12} &= \alpha_{A1} + \omega_1 - 180^\circ \\
\alpha_{23} &= \alpha_{12} + \omega_2 - 180^\circ \\
\alpha_{34} &= \alpha_{23} + \omega_3 - 180^\circ \qquad [\omega] = \omega_A + \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \\
\alpha_{4C} &= \alpha_{34} + \omega_4 - 180^\circ \qquad\qquad + \omega_4 + \omega_C \\
\alpha_{CD} &= \alpha_{4C} + \omega_C - 180^\circ \\
\hline
\alpha_{CD} &= \sigma_{AB} + [\omega] - i \,.\, 180^\circ \text{ čili } \alpha_{CD} - \sigma_{AB} = [\omega] - i \,.\, 180^\circ.
\end{aligned}$$

Kdyby nebylo nevyhnutelných chyb v měřených úhlech, musel by se pozorovaný jižník α_{CD} rovnati σ_{CD}. Vzniklá odchylka může být kladná i záporná

$$\sigma_{CD} - \alpha_{CD} = \pm O\mu$$

čili

$$O_\mu = (\sigma_{CD} + i\,.\,180^\circ) - (\sigma_{AB} + [\omega]).$$

Tomuto rozdílu se říká úhlová odchylka a v pozemkovém katastru nesmí překročiti mez danou vzorcem $\Delta u'' = 60'' \sqrt{n}$ pro šedesátinné dělení a pro setinné dělení se užije odchylka 3,1násobná. Činitel n značí počet vrcholových úhlů, počítaje v to úhly ω_A a ω_C, měřené v počátečním a koncovém bodu pořadu.

Pro číselný výpočet se sečtou všechny vrcholové úhly polygonové, ležící po levé straně a součet se připočte k počátečnímu jižníku dané strany σ_{AB}. Odečtením $i\,.\,180^\circ$ má se obdržeti jižník poslední strany σ_{CD}. Vznikne-li odchylka, musí být v mezích Δu. Je-li v mezích, opraví se vrcholové úhly. Podle katastrálních předpisů se rozdělí úhlová odchylka na všechny vrcholové úhly stejnoměrně, když poměr nejkratší polygonové strany ku nejdelší je větší nebo aspoň rovný jedné čtvrtině. Připojovací strany trigonometrické se při tom neuvažují.

Je-li poměr nejkratší strany polygonové ku nejdelší menší než jedna čtvrtina, rozdělí se úhlová odchylka úměrně převratné hodnotě délek úhlových ramen (stran). Oprava vrcholového úhlu se pak rovná součtu oprav připadajících na obě ramena. To se týká všech polygonových úhlů, tudíž i připojovacích úhlů v počátečním a koncovém bodě pořadu. K rozdělení odchylek vypočtou se poměry stran:

$$\frac{1}{S_{AB}},\ \frac{1}{s_1},\ \frac{1}{s_2},\ \ldots,\ \frac{1}{S_{CD}}.$$

Abychom počítali s celými čísly, klademe v čitateli místo 1 číslo 1000 a délky zaokrouhlujeme na celé metry, případně i celé desetimetry. Podíl se zaokrouhluje na celé jednotky. Tak obdržíme:

$$
\begin{array}{lll}
\dfrac{1000}{S_{AB}} = \mu_A & & \\
 & \mu_A + \mu_1 = \nu_A, & \vartheta\omega_A = \nu_A \cdot p'' \\
\dfrac{1000}{s_1} = \mu_1 & & \\
 & \mu_1 + \mu_2 = \nu_1, & \vartheta\omega_1 = \nu_1 \cdot p'' \\
\dfrac{1000}{s_2} = \mu_2 & & \\
 & \mu_2 + \mu_3 = \nu_2, & \vartheta\omega_2 = \nu_2 \cdot p'' \\
\dfrac{1000}{s_3} = \mu_3 & & \\
 & \mu_3 + \mu_4 = \nu_3, & \vartheta\omega_3 = \nu_3 \cdot p'' \\
\dfrac{1000}{s_4} = \mu_4 & & \\
 & \mu_4 + \mu_5 = \nu_4, & \vartheta\omega_4 = \nu_4 \cdot p'' \\
\dfrac{1000}{s_5} = \mu_5 & & \\
 & \mu_5 + \mu_C = \nu_C, & \vartheta\omega_C = \nu_C \cdot p'' \\
\dfrac{1000}{S_{CD}} = \mu_C & & \\
\hline
 & \text{Součet} = [\nu] & [\vartheta\omega] = O''\mu
\end{array}
$$

$$\frac{O''\mu}{[\nu]} = p''.$$

Činitel ν_A pro výpočet oprav úhlu ω_A se rovná součtu obou poměrů úhlových ramen $\omega_A = \mu_A + \mu_1$. Podobně je tomu u každého dalšího úhlu. Oprava pro délkovou jednotku se vypočte ze vzorce $\pm\, O''\mu : [\nu] = p''$ a oprava pro úhel ω_A je $\vartheta\omega_A = \nu_A \cdot p''$. Podobně je tomu u ostatních úhlů. Zkouškou výpočtu je součet $[\vartheta\omega] = \pm\, O''\mu$. Připočtením oprav obdržíme opravené polygonové úhly ω°:

$$\omega_A{}^\circ = \omega_A + \vartheta\omega_A,\ \omega_1{}^\circ = \omega_1 + \vartheta\omega_1,\ \ldots,\ \omega_C{}^\circ = \omega_C + \vartheta\omega_C.$$

Z opravených polygonových úhlů se vypočtou postupně jižníky stran a musí se dospěti k hodnotě jižníku σ_{CD}:

$$\alpha_{A1} = \sigma_{AB} + \omega_A^\circ$$
$$\alpha_{12} = \alpha_{A1} + \omega_1^\circ - 180^\circ$$
$$\alpha_{23} = \alpha_{12} + \omega_2^\circ - 180^\circ$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$\alpha_{CD} = \alpha_{4C} + \omega_C^\circ - 180^\circ = \sigma_{CD}.$$

Vypočtené jižníky považujeme za vyrovnané a užijí se i k výpočtu jižníků vedlejších polygonových pořadů nebo pomocných měřických přímek, případně rayonů.

Z vypočtených jižníků a měřených stran se vypočtou přibližné souřadnicové rozdíly, které nazveme $\Delta y'$ a $\Delta x'$. Jejich znaménko je dáno znaménkem funkce sinu nebo kosinu:

$$\begin{aligned}
\Delta y'_{1A} &= y'_1 - y_A = s_1 \sin \alpha_{A1} \\
\Delta y'_{21} &= y'_2 - y'_1 = s_2 \sin \alpha_{12} \\
\Delta y'_{32} &= y'_3 - y'_2 = s_3 \sin \alpha_{23} \\
\Delta y'_{43} &= y'_4 - y'_3 = s_4 \sin \alpha_{34} \\
\Delta y'_{C4} &= y'_C - y'_4 = s_5 \sin \alpha_{4C} \\
\hline
[\Delta y'] &= y_C - y_A = [s \sin \alpha]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta x'_{1A} &= x'_1 - x_A = s_1 \cos \alpha_{A1} \\
\Delta x'_{21} &= x'_2 - x'_1 = s_2 \cos \alpha_{12} \\
\Delta x'_{32} &= x'_3 - x'_2 = s_3 \cos \alpha_{23} \\
\Delta x'_{43} &= x'_4 - x'_3 = s_4 \cos \alpha_{34} \\
\Delta x'_{C4} &= x_C - x'_4 = s_5 \cos \alpha_{4C} \\
\hline
[\Delta x'] &= x_C - x_A = [s \cos \alpha]
\end{aligned}$$

Součet souřadnicových rozdílů by se měl rovnat rozdílům souřadnic počátečního a koncového bodu pořadu

$$[y_C - y_A) = [s \sin \alpha], \quad (x_C - x_A) = [s \cos \alpha],$$

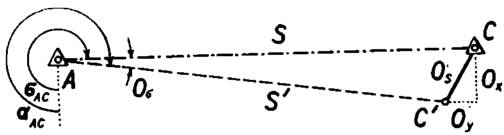
avšak vlivem nevyhnutelných chyb v měřených délkách a úhlech a též vlivem jiných příčin tomu tak nebude. Odečteme-li součet rozdílů od rozdílů souřadnic počátečního a koncového bodu pořadu, obdržíme odchylku, kterou označíme O_y a O_x:

$$(y_C - y_A) - [s \,.\, \sin \alpha] = \pm\, O_y,$$
$$(x_C - x_A) - [s \,.\, \cos \alpha] = \pm\, O_x.$$

Takto zjištěné souřadnicové odchylky jsou současně zkouškou založení a měření polygonového pořadu. Pro posouzení uvedených odchylek se vypočte ze souřadnic daných bodů jižník σ_{AC} a délka S_{AC}:

$$\operatorname{tg} \sigma_{AC} = \frac{y_C - y_A}{x_C - x_A} \qquad \sigma_{AC} = \ldots \text{ se zkouškou 45stupňovou},$$

$$S_{AC} = \frac{y_C - y_A}{\sin \sigma_{AC}} = \frac{x_C - x_A}{\cos \sigma_{AC}}.$$



Obr. 14. **Délková a směrová odchylka v polygonovém pořadu.**

Obdobně vypočteme z přibližných souřadnicových rozdílů:

$$\operatorname{tg} \alpha_{AC} = \frac{[s \,.\, \sin \alpha]}{[s \,.\, \cos \alpha]} = \frac{[\Delta y']}{[\Delta x']} \qquad \alpha_{AC} = \ldots \text{ se zkouškou 45stupňovou.}$$

$$S'_{AC} = \frac{[\Delta y']}{\sin \alpha_{AC}} = \frac{[\Delta x']}{\cos \alpha_{AC}}.$$

Znázorněním polohy bodu C ve větším měřítku, jednou podle daných souřadnic a po druhé podle přibližných souřadnicových rozdílů, neobdržíme jeden bod, nýbrž dva body, jež budou od sebe vzdáleny o odchylky O_y a O_x (obr. 14).

Měřítkem pro posouzení přípustnosti obou odchylek je směrová a délková odchylka koncového bodu pořadu. Délková odchylka se vypočte jako rozdíl $O_s = S - S'$ u přímých pořadů a $O_s = \sqrt{O_y^2 + O_x^2}$ u zalomených pořadů. Podle měřických předpisů nesmí překročiti největší přípustnou odchylku vypočtenou ze vzorce

$$\Delta S = 0{,}012\sqrt{[s]} + 0{,}06,$$

kde $[s]$ je součet polygonových stran.

Směrová odchylka $O_\sigma = \sigma - \alpha$ nesmí přesahovati hodnotu vypočtenou ze vzorce

$$\Delta\sigma = \frac{2\,([s] + 100)}{S} \quad \text{v minutách,}$$

kde S je vypočtená vzdálenost ze souřadnic počátečního a koncového bodu pořadu.

Jsou-li obě odchylky v přípustných mezích, rozdělí se odchylky v souřadnicových rozdílech podle velikosti směrové odchylky takto:

a) když O_σ je menší než 60″, rozdělí se odchylky úměrně délkám stran polygonového pořadu. K tomu se užije vzorců

$$\pm\, \mathrm{d}y_n = s_n \frac{\pm O_y}{[s]}, \qquad \pm\, \mathrm{d}x_n = s_n \frac{\pm O_x}{[s]},$$

kde $\mathrm{d}y$ a $\mathrm{d}x$ jsou opravy, $[s]$ je součet stran polygonového pořadu a n pořadové číslo strany;

b) je-li O_σ větší než 60″, vypočtou se opravy $\mathrm{d}y$ a $\mathrm{d}x$ podle vzorců

$$\pm\, \mathrm{d}y_n = z_n \,.\, s_n \frac{\pm O_y}{[z\,.\,s]}, \qquad \pm\, \mathrm{d}x_n = z_n \,.\, s_n \frac{\pm O_x}{[z\,.\,s]},$$

kde mají písmena týž význam, pouze součinitel z_n je závislý na počtu a pořadí stran, $[z\,.\,s]$ je součet všech $z\,.\,s$. Součinitel z se určuje ze vzorce $z = r\,(n - r)$, kde r je pořadové číslo strany a n počet vrcholů. Vzorce se užívá jen pro $n = 7$ vrcholům. Je-li $n > 7$, je pro první a poslední stranu $z = 3$, druhou a předposlední $z = 5$ a pro všechny ostatní je $z = 6$. Pro 4 strany jsou činitelé z (2, 3, 3, 2), pro 6 stran (3, 5, 6, 6, 5, 3), pro 7 a více stran (3, 5, 6, 6, ..., 6, 6, 5, 3). Po výpočtu souřadnicových oprav dy a dx opraví se souřadnicové rozdíly

$$
\begin{array}{llll}
\Delta y_{1A} = \Delta y'_{1A} + \mathrm{d}y_1 & & \Delta x_{1A} = \Delta x'_{1A} + \mathrm{d}x_1 \\
\Delta y_{21} = \Delta y'_{21} + \mathrm{d}y_2 & & \Delta x_{21} = \Delta x'_{21} + \mathrm{d}x_2 \\
\dots\dots\dots\dots & & \dots\dots\dots\dots \\
\Delta y_{C4} = \Delta y'_{C4} + \mathrm{d}y_5 & & \Delta x_{C4} = \Delta x'_{C4} + \mathrm{d}x_5
\end{array}
$$

a vyrovnané souřadnice polygonových bodů jsou rovny

$$
\begin{array}{lll}
y_1 = y_A + \Delta y_{1A} & & x_1 = x_A + \Delta x_{1A} \\
y_2 = y_1 + \Delta y_{21} & & x_2 = x_1 + \Delta x_{21} \\
\dots\dots\dots\dots & & \dots\dots\dots\dots \\
\underline{y_C = y_4 + \Delta y_{C4}} & & \underline{x_C = x_4 + \Delta x_{C4}} \\
y_C = y_A + [\Delta y] & & x_C = x_A + [\Delta x]
\end{array}
$$

Postupným připočítáváním opravených souřadnicových rozdílů musíme dospěti k daným souřadnicím bodu C.

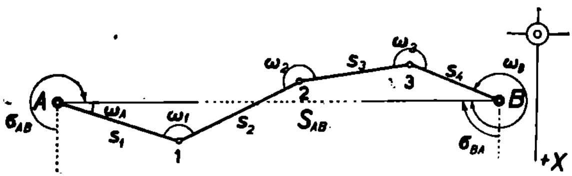
Místo souřadnic bodů B a D mohou být dány jen jižníky a délky stran S_{AB} a S_{CD}, jak je tomu často při počítání souřadnic bodů v polygonové síti.

Kromě uvedeného druhu polygonových pořadů, vyskytují se též takové pořady, u nichž schází některé prvky nutné pro vyrovnání souřadnic. V dalším bude podán stručný výklad o tom, jak se vypočtou.

Polygonový pořad s usměrněním jen v jednom bodě (obr. 13). Jsou dány souřadnice jen tří bodů A, B a C. Úhlově byl připojen jen ke straně AB. V bodě C není připojovací úhel ω_C měřen, protože není s bodu C na bod D vidět nebo bod D chybí vůbec.

Poněvadž chybí úhlový závěr, odpadá vyrovnání polygonových úhlů a vypočtou se jižníky stran způsobem, jakoby polygonové úhly byly vyrovnány. Nato se vypočtou přibližné souřadnicové rozdíly a jejich vyrovnání se provede vzhledem k souřadnicím daných bodů A a C stejně jako tomu bylo u oboustranně usměrněného pořadu.

Volný polygonový pořad. Je-li polygonový pořad připojen k bodu o známých souřadnicích a ke straně o známém jižníku a konec pořadu není připojen k nijakému bodu o daných souřadnicích, jde o volný pořad, který nelze vyrovnat ani úhlově, ani délkově. Výpočet se provede jako u pořadu usměrněného. Přibližné souřadnicové rozdíly se považují za konečné. Takové pořady se volí krátké, o dvou nebo o třech stranách, aby se ve vypočtených souřadnicích neuplatnily tolik chyby v měřených úhlech a délkách.



Obr. 15. Polygonový pořad úhlově uzavřený.

Různé případy polygonových pořadů. Polygonový pořad může být vložen mezi dva body tak, že nastanou případy:

a) s počátečního bodu je vidět na koncový bod a opačně,

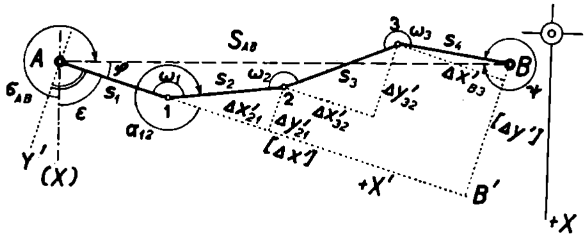
b) s počátečního bodu je vidět na koncový bod, nikoli opačně,

c) s počátečního bodu není vidět na koncový bod, ani opačně.

Postup výpočtu se volí též se zřetelem k tomu, zda jsou či nejsou dány souřadnice počátečního a koncového bodu pořadu.

A) Případy, kdy jsou dány souřadnice bodů A a B.

K případu a) (obr. 15). Polygonový pořad může mít tvar uzavřeného nepravidelného *n*-úhelníka nebo zvrhlého obrazce, v němž polygonové strany protínají spojnici počátečního a koncového bodu. Podle obrazce se snadno pozná, které úhly jsou vnitřní a které vnější, při čemž objíždíme obvod obrazce vždy po levé straně ve směru počítání pořadu. V polygonovém pořadu jsou měřeny všechny úhly ω_A, ω_1, ω_2, ω_3, ω_B a délky stran s_1 až s_4. Vrcholové úhly ω se vyrovnají na hodnotu $n \,.\, 180°$, neboť jejich součet má být $\omega_A + \omega_1 + + \omega_2 + \omega_3 + \omega_B = n \,.\, 180°$. Vycházejíce od jižníku strany σ_{AB} vypočtou se jižníky polygonových stran a kontrolou výpočtu je jižník σ_{BA} strany AB, který se liší od σ_{AB} o 180°. Strana S_{AB} a její oboustranné jižníky tu slouží k usměrnění



Obr. 16. Polygonový pořad úhlově neuzavřený.

polygonového pořadu a k vyrovnání souřadnicových rozdílů. Postup výpočtu je úplně stejný jako u oboustranně usměrněného pořadu.

K případu b). Chybějící úhel ve vrcholu B se vypočte jako doplněk na $n \,.\, 180°$. Při výpočtu odpadá vyrovnání polygonových úhlů a další početní postup je stejný jako v případě a).

K případu c) (obr. 16). Neznámé úhly φ a ψ v počátečním a koncovém bodě se vypočtou ze souřadnicových rozdílů ve zvolené pomocné soustavě souřadnicové. Počátek souřadnicové soustavy zvolíme v bodě A a pomocnou osu $+X'$ ztotožníme s prvou stranou pořadu. Osa $+Y'$ je k ní kolmá. Místo jižníků užijeme směrových úhlů, počítaných od rovnoběžek s osou $+X'$. Směrový úhel prvé strany α'_{A1} je roven 360°, druhé strany $\alpha'_{12} = 360° + \omega_1 - 180°$, atd. jako při výpočtu jižníků. Nato se vypočtou souřadnicové rozdíly

$\Delta y'_n$ a $\Delta x'_n$ obvyklým způsobem. Úhel φ ve vrcholu A se vypočte z pravoúhlého $\triangle$ ABB', jehož odvěsny jsou $[\Delta y']$ a $[\Delta x']$. Spojnice $\overline{AB}$ je přeponou a její délka se vypočte ze vzorce

$$S'_{AB} = \sqrt{[\Delta y']^2 + [\Delta x']^2}.$$

Úhel φ je dán výrazem

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{[\Delta y']}{[\Delta x']}, \qquad \varphi = \dots$$

Úhel ψ ve vrcholu B leží po levé straně uzavřeného polygonu a rovná se

$$\psi = n \,.\, 180^\circ - (\varphi + \omega_1 + \omega_2 + \omega_3).$$

V našem případě je uzavřeným polygonem zvrhlý pětiúhelník a úhel

$$\psi = 540^\circ - (\varphi + \omega_1 + \omega_2 + \omega_3).$$

Úhel φ je ostrý a jeho znaménko se zřetelem k dalšímu výpočtu je závislé na znaméncích souřadnicových rozdílů $[\Delta y']$ a $[\Delta x']$.

Ze souřadnic daných bodů se vypočte jižník a délka strany AB:

$$\operatorname{tg} \sigma_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}, \qquad \sigma_{AB} = \dots,$$

$$S_{AB} = \frac{y_B - y_A}{\sin \sigma_{AB}} = \frac{x_B - x_A}{\cos \sigma_{AB}}.$$

Délka S_{AB} se porovná s délkou S'_{AB} a případný rozdíl musí být v přípustných mezích.

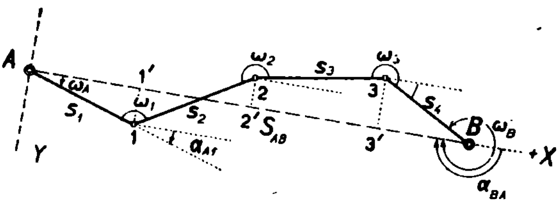
Souřadnicová soustava se nyní otočí o úhel ε tak, aby osa $+X'$ se ztotožnila se směrem (X) rovnoběžným s kladnou částí osy X, v níž jsou dány souřadnice bodů A a B. Podle obrazce 16 rovná se otočný úhel

$$\varepsilon = 360^\circ - (\sigma_{AB} + \varphi).$$

Jižníky polygonových stran se vypočtou z jižníku strany AB a úhlů φ:

$$\begin{aligned}
\alpha_{A1} &= \sigma_{AB} + \varphi \\
\alpha_{12} &= \alpha_{A1} + \omega_1 - 180^\circ \\
\alpha_{23} &= \alpha_{12} + \omega_2 - 180^\circ \\
\alpha_{3B} &= \alpha_{23} + \omega_3 - 180^\circ \\
\alpha_{BA} &= \alpha_{3B} + \psi - 180^\circ - (360^\circ) = \sigma_{AB} + 180^\circ = \sigma_{BA}.
\end{aligned}$$

Překročí-li číselná hodnota vypočteného směrníku α 360°, odečte se 360°.



Obr. 17. Úhlově uzavřený polygonový pořad vložený mezi body bez souřadnic.

Jižník α_{BA} se vypočte jen pro kontrolu správného výpočtu jižníků.

Z vypočtených jižníků a měřených délek stran se vypočtou přibližné souřadnicové rozdíly, počínaje od bodu A směrem k B. Vlivem nevyhnutelných chyb v úhlech a délkách se nebudou přesně shodovat součty souřadnicových rozdílů s rozdíly souřadnic daných bodů, jak by mělo být

$$[\Delta y] = \Delta y_{BA}, \quad [\Delta x] = \Delta x_{BA}.$$

Vzniklé odchylky musí být v přípustných mezích a vyrovnají se způsobem uvedeným na str. 36 a 37.

B) Případy, kdy souřadnice bodů A a B nejsou známy.

K případu a) *a* b) (obr. 17). V případech, kdy nejsou známy souřadnice počátečního a koncového bodu pořadu, zvolí se pomocná soustava souřadnicová YX tak, aby se osa $+X$ ztotožnila se spojnicí AB a počátek soustavy byl v bodě A. Osa $+Y$ je nalevo a $-Y$ napravo od počátku. Bod A jako počátek soustavy má souřadnice $y_A = 0$, $x_A = 0$.

Po vyrovnání úhlů v případě a) nebo po stanovení úhlu ω_B v případě b) se přikročí k výpočtu směrových úhlů polygonových stran, počítaných od rovnoběžek se zvolenou osou $+X$:

$$
\begin{aligned}
\alpha_{AB} &= 360^\circ \\
\alpha_{A1} &= \omega_A \\
\alpha_{12} &= \alpha_{A1} + 180^\circ + \omega_1 \\
\alpha_{23} &= \alpha_{12} - 180^\circ + \omega_2 \\
\alpha_{3B} &= \alpha_{23} - 180^\circ + \omega_3
\end{aligned}
$$

a pro kontrolu:

$$\alpha_{BA} = \alpha_{3B} - 180^\circ + \omega_B.$$

Poněvadž směrník strany AB je roven 0°, musí se směrník strany BA rovnat 180°, což je kontrolou výpočtu směrníků.

Ze směrníků a délek stran se vypočtou souřadnicové rozdíly:

$$
\begin{array}{cc}
\Delta y_{1A} = s_{A1} \sin \alpha_{A1} & \Delta x_{1A} = s_{A1} \cos \alpha_{A1} \\
\dots\dots\dots\dots & \dots\dots\dots\dots \\
\Delta y_{B3} = y_{3B} \sin \alpha_{3B} & \Delta x_{B3} = s_{3B} \cos \alpha_{3B} \\
\hline
[\Delta y] = 0 & [\Delta x] = S_{AB}
\end{array}
$$

a z nich souřadnice bodů:

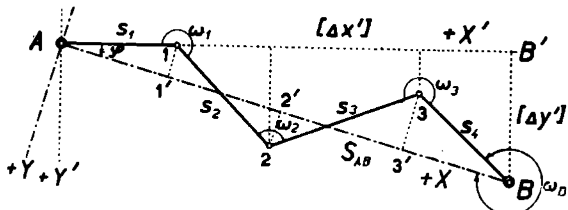
$$
\begin{array}{llll}
A: & y_A = 0, & & x_A = 0, \\
1: & y_1 = y_A + \Delta y_{1A} = 11', & & x_1 = x_A + \Delta x_{1A} = A1', \\
2: & y_2 = y_1 + \Delta y_{21} = 22', & & x_2 = x_1 + \Delta x_{21} = A2', \\
3: & y_3 = y_2 + \Delta y_{32} = 33', & & x_3 = x_2 + \Delta x_{32} = A3', \\
B: & y_B = y_3 + \Delta y_{B3} = 0, & & x_B = x_3 + \Delta x_{B3} = S_{AB}.
\end{array}
$$

Postupným připočítáváním souřadnicových rozdílů k souřadnicím bodu A dospějeme k souřadnicím bodu B. Kontrolou správného výpočtu je součet pořadnicových rozdílů, který se musí rovnat nule, neboť od bodu A na ose X vycházíme

a vracíme se zpět do bodu B na téže ose. Součet úsečkových rozdílů $[\Delta x]$ dává délku spojnice S_{AB}.

Tím jsou vypočteny souřadnice polygonových bodů vzhledem k spojnici počátečního a koncového bodu.

Kdyby byla vzdálenost AB jinak známa a na její délku by bylo vyrovnat polygonový pořad, násobí se délka každé polygonové strany podílem $\frac{S}{S'}$, kde S je daná délka a S' délka vypočtená ze souřadnicových rozdílů polygonového pořadu. Tento postup vyžaduje tudíž ještě druhý výpočet souřadnicových rozdílů s redukovanými stranami.



Obr. 18. Úhlově neuzavřený polygonový pořad vložený mezi body bez souřadnic.

K případu c) (obr. 18). K výpočtu pořadu zvolíme pomocnou souřadnicovou soustavu $Y'X'$ s počátkem v bodě A a jejíž osa $+X'$ se ztotožní s prvou stranou $A1$. Podle obrazce určíme snadno velikosti směrových úhlů α':

$$\alpha'_{A1} = 360° = 0°, \qquad \alpha'_{23} = \alpha'_{12} - 180° + \omega_2,$$
$$\alpha'_{12} = \alpha'_{A1} - 180° + \omega_1, \quad \alpha'_{3B} = \alpha'_{23} - 180° + \omega_3.$$

Souřadnicové rozdíly $\Delta y'$ a $\Delta x'$ jsou:

$$\Delta y'_{1A} = s_{A1} \,.\, \sin \alpha'_{A1}, \qquad \Delta x'_{1A} = s_{A1} \,.\, \cos \alpha'_{A1},$$
$$\text{atd.} \qquad\qquad \text{atd.}$$
$$\Delta y'_{B3} = s_{3B} \,.\, \sin \alpha'_{3B}, \qquad \Delta x'_{B3} = s_{3B} \,.\, \cos \alpha'_{3B},$$
$$[\Delta y'] = [s \,.\, \sin \alpha'], \qquad [\Delta x'] = [s \,.\, \cos \alpha'].$$

Souřadnicové rozdíly bodu 1 se rovnají:

$$\Delta y'_{1A} = 0, \quad \Delta x'_{1A} = s_{A1}.$$

Součty $[\Delta y']$ a $[\Delta x']$ jsou odvěsnami pravoúhlého $\triangle ABB'$, z něhož se vypočte délka spojnice

$$S_{AB} = \sqrt{[\Delta y']^2 + [\Delta x']^2}$$

a úhel φ:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{[\Delta y']}{[\Delta x']}, \qquad \varphi = \dots$$

Podle obrazce vidíme, že součet $[\Delta y']$ je záporný a tím vyjde úhel φ též záporný.

Chceme-li obdržeti souřadnice bodů vztažené ke spojnici strany AB, otočíme pomocnou soustavu $Y'X'$ do polohy YX o úhel $(360° - \varphi)$ čili se zřetelem k záporné hodnotě úhlu o absolutní velikost úhlu φ ve směru chodu ručiček hodinových tak, aby osa $+X'$ se ztotožnila se směrem AB čili s novou osou $+X$.

V otočené soustavě bude velikost směrníků α:

$$\alpha_{A1} = 360° - \varphi, \qquad \alpha_{23} = \alpha_{12} - 180° + \omega_2,$$
$$\alpha_{12} = \alpha_{A1} - 180° + \omega_1, \qquad \alpha_{3B} = \alpha_{23} - 180° + \omega_3$$

a souřadnicové rozdíly:

$$\begin{array}{cc}
\Delta y_{1A} = s_{A1} \,.\, \sin \alpha_{A1}, & \Delta x_{1A} = s_{A1} \,.\, \cos \alpha_{A1}, \\
\text{atd.} & \text{atd.} \\
\underline{\Delta y_{B3} = s_{3B} \,.\, \sin \alpha_{3B},} & \underline{\Delta x_{B3} = s_{3B} \,.\, \cos \alpha_{3B}} \\
[\Delta y] = [s \,.\, \sin \alpha] = 0, & [\Delta x] = [s \,.\, \cos \alpha] = S_{AB}.
\end{array}$$

Součet $[\Delta y]$ musí se rovnat nule a součet $[\Delta x]$ rovná se délce strany S_{AB}, vypočtené při prvém výpočtu v soustavě $Y'X'$.

Je-li délka S_{AB} známa a na ni chceme vyrovnat polygonový pořad, násobíme po provedení prvého výpočtu v soustavě $Y'X'$ délky polygonových stran podílem $\frac{S}{S'}$ a výpočet v soustavě YX se provede s redukovanými stranami, jako v případě předcházejícím.

Poznámka k vyrovnání polygonových pořadů. Každý polygonový pořad dálkový nebo uzavřený se dá vypočísti v dané nebo v libovolně zvolené soustavě souřadnicové. Jsou-li v pořadu měřeny všechny úhly a délky, máme pro výpočet a vyrovnání tři přebytečné veličiny. U n-úhelníka je třeba znáti pro první tři body 3 veličiny a pro každý další bod 2 veličiny čili pro $(n - 3)$ bodů po 2 veličinách. Pro n bodů je nutno znáti $3 + (n - 3)\,2 = 2n - 3$ veličiny. Aby se dal polygonový pořad vypočísti (nikoli vyrovnati) nebylo by třeba měřiti 3 veličiny a to buď jednu stranu a dva úhly nebo dvě strany a jeden úhel nebo 3 úhly, avšak nikdy to nesmí být tři strany. Jsou-li měřeny všechny veličiny, je tím dána možnost sestaviti podmínky pro vyrovnání:

1. u uzavřeného polygonu:

a) $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \ldots + \omega_{n-1} + \omega_n = (n - 2) \,.\, 180°$,
b) $[\Delta x] = 0 = [s \,.\, \cos\alpha]$,
c) $[\Delta y] = 0 = [s \,.\, \sin\alpha]$;

2. u dálkového a oboustranně usměrněného polygonu:

a) $\sigma_P + \omega_1 + \omega_2 + \ldots + \omega_n = \sigma_K - n \,.\, 180°$,
b) $[\Delta x] = \Delta x_{KP}$,
c) $[\Delta y] = \Delta y_{KP}$.

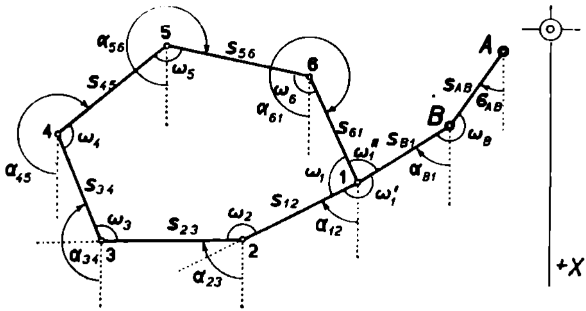
U uzavřeného polygonu znamená podmínka a) a b), že součet průmětů stran na každou osu musí být nula, poněvadž se vracíme zpět k počátku, kdežto u dálkových polygonů musí se součet průmětů stran na každou osu rovnat rozdílu souřadnic počátečního a koncového bodu pořadu.

Přebytečné veličiny slouží jak k vyrovnání polygonového pořadu, tak ke kontrole a za měřítko přesnosti měření. Veličiny dané i měřené měly by vyhověti všem podmínkám shora uvedeným, vlivem nevyhnutelných chyb vzniknou však odchylky, lišící se více nebo méně od nuly.

I,6. Uzavřený polygonový pořad (obr. 19). Je dáno šest bodů, které byly spojeny v uzavřený polygonový pořad $P_1P_2P_3P_4P_5P_6P_1$ a ve všech byly měřeny vrcholové úhly ω a jejich doplňky na 360°. Dále byly změřeny všechny délky s_{12} až s_{61}.

Pro výpočet jsou dány buď:

1. souřadnice bodů *1* a *2* nebo
2. souřadnice bodu *1* a jižník $\sigma_{12} = \alpha_{12}$ strany P_1P_2 nebo
3. souřadnice bodů *A* a *B*, jsoucích mimo obvod uzavřeného obrazce, který je k nim připojen délkově a úhlově.



Obr. 19. Uzavřený polygonový pořad.

Ve všech třech případech se nejdříve přesvědčíme, zda měřené úhly v uzavřeném obrazci vyhovují podmínce

$$[\omega] - (n - 2) \,.\, 180° = 0.$$

Obdrží-li se místo nuly odchylka, která je v přípustných mezích, rozdělí se způsobem, jak bylo již uvedeno na str. 33. Nato se přikročí k výpočtu jižníků. V prvých dvou případech je postup stejný a vyjde se od jižníku strany s_{12}. Postupným určováním jižníků dalších stran se vrátíme zpět k prvé straně:

$\sigma_{12} =$ dán nebo vypočten, $\qquad \alpha_{45} = \alpha_{34} + 180° - \omega_4,$

$\alpha_{23} = \sigma_{12} + 180° - \omega_2, \qquad \alpha_{56} = \alpha_{45} + 180° - \omega_5,$

$\alpha_{34} = \alpha_{23} + 180° - \omega_3, \qquad \alpha_{61} = \alpha_{56} + 180° - \omega_6,$

a pro kontrolu

$$\alpha_{12} = \alpha_{61} + 180° - \omega_1 = \sigma_{12}.$$

Místo připočítávání 180° lze 180° odečítat a obdržíme tytéž hodnoty. Nyní lze přikročiti k výpočtu souřadnicových rozdílů:

$$\Delta y_n = s_n \, . \sin \alpha_n \text{ a } \Delta x_n = s_n \, . \cos \alpha_n$$

a kontrolou výpočtu je

$$[\Delta y] = [s \, . \sin \alpha] = 0, \ [\Delta x] = [s \, . \cos \alpha] = 0.$$

Poněvadž nebude těmto podmínkám přesně vyhověno, vzniknou odchylky, jež musí být v přípustných mezích a rozdělí se stejným způsobem jako u oboustranně usměrněného polygonového pořadu.

Ve třetím případě, kdy se vyjde od jižníku strany AB, určíme stejným způsobem jižníky všech dalších stran a vrátíme se k jižníku strany S_{1B} nebo S_{12}.

Pro výpočet souřadnic se stanoví nejdříve souřadnice bodu *1* z připojovacího pořadu *AB1*, počítaného jako volný pořad. Pak se počítají souřadnicové rozdíly uzavřeného pořadu.

Kdyby nebyly dány souřadnice nebo jižníky některé strany, vypočítaly by se směrníky a souřadnice bodů uzavřeného obrazce v pomocné souřadnicové soustavě zvolené tak, že počátek soustavy by se zvolil v některém vrcholu polygonu a osa $+X$ by se ztotožnila s jednou stranou, vrcholem procházející. Nejlépe se k tomu hodí nejdelší strana polygonu. Výpočet je stejný jako v případech předešlých.

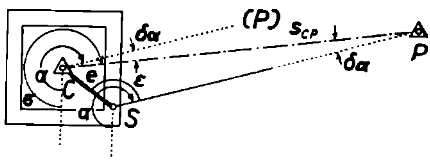
1,7. Zauzlené pořady. Polygonové pořady vycházející z trigonometrických bodů nebo z bodů určených protínáním a spojující se v jednom bodě, nazýváme zauzlenými a společný bod uzlovým. Každý polygonový pořad zauzlený se nejdříve počítá jako pořad s usměrněním jen na počátku a vypočtou se přibližné souřadnice uzlového bodu, které se vyrovnají. Po úhlovém vyrovnání připojovací strany a souřadnic uzlového bodu se výpočet rozpadá na tolik pořadů, kolik se jich v uzlovém bodě spojuje.

Jak se vyrovná jižník vyrovnávací strany a souřadnice uzlového bodu, je nutno poukázat na odbornou literaturu a zvláště na *Návod A pro katastrální měřické práce.*

Zauzlené pořady se mohou spojovati též ve dvou a několika bodech uzlových, u nichž je výpočet složitější a postup výpočtu je uveden v knize: *J. Petřík*: *Úvod do polygonálních a trigonometrických výpočtů*, Praha 1920 a *Dr Frant. Fiala: Geodetické počtářství* II. b, Praha 1947.

2. NEPŘÍMÉ MĚŘENÍ VODOROVNÝCH ÚHLŮ

Při přímém měření úhlů se staví stroj přesně nad bodem a zaměřuje se na dostředně postavené signály. Je-li stroj postaven mimo bod nebo výtyčka není správně postavena v bodě, měří se nepřímo úhly, které je nutno převést na správný střed. Příčiny mimostředného měření úhlů mohou být různé. Ku př. trigonometrický bod, daný makovicí věže nebo hromosvodem na továrním komínu, je pro měření úhlové nepřístupný. Podobně je tomu, když signál nebo pyramida je postavena stranou od vlastního bodu. Pro převedení nepřímo čili mimostředně měřených úhlů na střed čili centr je nutno změřiti vzdálenost mezi vlastním bodem a stanoviskem stroje čili excentricitu (výstřednost) e a centrační úhel ε.



Obr. 20. Excentrické stanovisko.

Převod jižníků nebo směrníků při mimostředném stanovisku (obr. 20). Trigonometrický bod, daný makovicí věže, je nepřístupný a úhly byly měřeny na mimostředném stanovisku S na ochozu věže. — Vedeme-li v obrazci bodem C rovnoběžku ke spojnici SP vidíme, že pro převod úhlu na mimostředném stanovisku S na střed C platí

$$\sigma = \alpha + \delta\alpha.$$

Úhel $\delta\alpha$ se vypočte z $\triangle\ CPS$, v němž se ve vrcholu P objevuje úhel stejné velikosti

$$\sin \delta\alpha = \frac{e}{s_{CP}} \, . \sin \varepsilon .$$

Ve velkém počtu případů je úhel $\vartheta\varkappa$ velmi malý a dá se proto vypočísti z jednoduchého vzorce

$$\vartheta\varkappa'' = \varrho'' \frac{e}{s} \sin \varepsilon .$$

Dostřeďovací prvky se stanoví následovně:

Při měření trigonometrické sítě jsou dány vzdálenosti s trigonometrických bodů z přibližných souřadnic s dostatečnou přesností a mnohé se vypočtou ze souřadnic daných bodů. Délka se do vzorce dosazuje zaokrouhlená na decimetry a v případech, kdy je e velmi malé, lze s zaokrouhlit na celé metry. Úhel ε, měřený od směru SC, může být znám při malém e jen přibližně, kdežto při velkém e musí být dán přesně.

S mimostředného stanoviska S na ochozu věže není vidět na bod C (makovici věže) a tím je nutno úhel ε stanovit nepřímo a výstřednost $e = SC$ se musí určit jako nepřístupná vzdálenost. Výstřednost e se měří nebo se počítá na milimetry.

Je-li s bodu S vidět na bod C, jako tomu bývá na rovné střeše, kde trigonometrickým bodem je hromosvod, pak se úhel ε i délka e přímo měří. Kdyby e se nedalo přímo měřit, stanoví se nepřímo z pomocné základny.

Podle katastrálních předpisů se měří výstřednost e dvakrát na milimetry, je-li menší než 20 m a třikrát, je-li větší než 20 m. Úhel ε se vyšetřuje ze dvou nebo několika měření

a) na celé stupně, je-li e menší než 1 cm,
b) na celé 10minuty, je-li e menší než 10 cm,
c) na celé minuty, je-li e menší než 1 m,
d) na celé 10vteřiny, je-li e menší než 10 m a
e) na celé vteřiny, je-li e menší než 100 m.

Výstřednost e menší než 4 mm lze zanedbat.

Dostředné vrcholové úhly lze určiti z převedených jižníků nebo směrníků nebo tím, že podle obr. 21 se užije vzorce

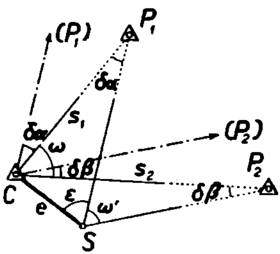
$$\omega + \vartheta\varkappa = \omega' + \vartheta\beta \text{ čili } \omega = \omega' + \vartheta\beta - \vartheta\varkappa ,$$

kde

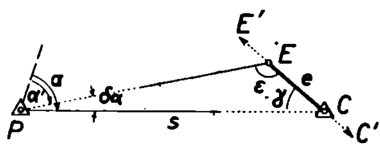
$$\sin \vartheta\alpha = \frac{e}{s_1} \,.\, \sin \varepsilon \quad \text{nebo} \quad \vartheta\alpha'' = \varrho'' \frac{e}{s_1} \,.\, \sin \varepsilon,$$

$$\sin \vartheta\beta = \frac{e}{s_2} \,.\, \sin (\varepsilon + \omega') \quad \text{nebo} \quad \vartheta\beta'' = \varrho'' \frac{e}{s_2} \,.\, \sin (\varepsilon + \omega').$$

Úhly $\vartheta\alpha$ a $\vartheta\beta$ jsou kladné nebo záporné podle toho, na které straně záměry leží. Jejich znamení závisí na goniometrické funkci úhlu ε, který se počítá ve směru chodu ručiček hodinových od směru SC.



Obr. 21. Převod excentricky měřených úhlů na střed.



Obr. 22. Excentrický signál.

Převod úhlů při mimostředném signálu (obr. 22). Úhloměrný stroj byl v bodě P postaven dostředně a nebylo z něho vidět signál v bodě C. Bylo proto zaměřeno na jiný signál, postavený v bodě E. — Místo správného úhlu α byl změřen nesprávný úhel α', který se musí opravit o malý úhel $\vartheta\alpha$, abychom obdrželi správnou úhlovou hodnotu, takže

$$\alpha = \alpha' + \vartheta\alpha.$$

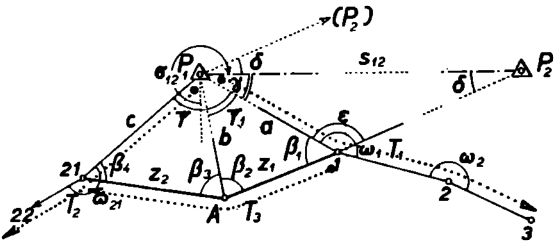
Z $\triangle$ PCE se vypočte

$$\sin \vartheta\alpha = \frac{e}{s} \sin \varepsilon \tag{1}$$

nebo

$$\vartheta''\alpha = \varrho'' \frac{e}{s} \sin \varepsilon. \tag{2}$$

Vzorce (2) se užije, když $\vartheta\alpha \leqq 1° 24'$ nebo když $\frac{e}{s} \leqq \frac{1}{41}$ pro ε rovné nebo se blížící 90°. Dostřeďovací prvky musí být určeny s toutéž přesností jako prvky u mimostředného stanoviska. Úhel ε se měří v bodě E stejně jako na mimostředném stanovisku.



Obr. 23. Připojení polygonového pořadu na nepřístupný trigonometrický bod.

Jsou-li v bodech postaveny signály, pyramidy nebo věže, jichž záměrné tyče jsou oproti kamenu mimostředné, změří se na stanovisku C směrníková osnova a v bodě E centrační úhel ε. V těchto případech bývá e malé a podle předpisů lze úhel ε měřit úhloměrem. Měření úhloměrem je velmi často velmi nepohodlné, zvláště v zarostlém okolí a tu lze pro malé e postupovat takto:

Směr CE se prodlouží podle napjatého motouzu dostatečně daleko od stroje do bodu E', aby se naň dalo dalekohledem zaměřit. Bod E se zařadí do osnovy směrníkové na stanovisku C jako poslední směr a po zaměření všech směrů v některé řadě (zpravidla v první řadě poslední skupiny) se zaměří na bod E'. Na bod lze zaměřiti též v obou polohách dalekohledu čili v obou řadách příslušné skupiny. Na bod se zaměřuje naposled proto, že je blízko stroje a tím je nutno značně povytáhnout okulárovou trubici. Tak se změří úhel γ. Poněvadž úhel $\vartheta\alpha$ je malý a pro $e = 10$ cm a $s = 1$ km činí asi 20″, lze úhel ε vypočísti ze vzorce $\varepsilon = 180° - \gamma$ s větší přesností než by byl určen úhloměrem. Tam, kde je e velké, změří se úhel ε úhloměrným strojem, při čemž se směr EC prodlouží kvůli měření do bodu C' ve vzdálenosti od stroje, na niž se dá dalekohled již zaostřiti.

Připojení polygonového pořadu na nepřístupný trigonometrický bod (obr. 23). Polygonový pořad *123*... je připojen na trigonometrický bod P_1, který jako střed makovice věže je nepřístupný. Kromě úhlů ω_1 až ω_n byl změřen též úhel ε v bodě *1* mezi směry na body $\triangle P_1$ a $\triangle P_2$. Připojovací délka a se vypočte z měřených základen z_1 a z_2 a úhlů β_1 až β_4. Při volbě polygonových bodů se zvolí bod *1* nebo *A* tak, aby s jednoho z nich bylo vidět ještě na bod $\triangle P_2$.

Polygonový pořad se musí počítat od bodu daného souřadnicemi a potřebné prvky se musí vypočísti. V našem případě se musí vyjíti od bodu $\triangle P_1$. Postup výpočtu je:

1. Z měřených základen se vypočtou strany a a b

$$a = z_1 \frac{\sin \beta_2}{\sin (\beta_1 + \beta_2)} = b \frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_1},$$

kde

$$b = z_1 \frac{\sin \beta_1}{\sin (\beta_1 + \beta_2)} = z_2 \frac{\sin \beta_4}{\sin (\beta_3 + \beta_4)}.$$

2. Ze souřadnic bodů $\triangle P_1$ a $\triangle P_2$ se vypočte jižník a délka strany

$$\operatorname{tg} \sigma_{12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \qquad \sigma_{12} = \dots$$

$$s_{12} = \frac{y_2 - y_1}{\sin \sigma_{12}} = \frac{x_2 - x_1}{\cos \sigma_{12}}$$

se zkouškou 45stupňovou.

3. Úhel ϑ se vypočte vzhledem k délce a ze vzorce

$$\sin \vartheta = \frac{a}{s_{12}} \sin \varepsilon.$$

4. Připojovací úhel γ se rovná

$$\gamma = 180^\circ - (\varepsilon + \vartheta).$$

5. Jižníky polygonových stran se vypočtou podle zásad dříve uvedených

$$\alpha_{P_1 1} = \sigma_{12} + \gamma,$$
$$\alpha_{12} = \alpha_{P_1 1} + \omega_1 - 180^\circ = \sigma_{12} + \gamma + \omega_1 - 180^\circ,$$
atd.

Výpočet souřadnicových rozdílů a souřadnic se provede obvyklým způsobem.

Podobně se počítá polygonový pořad P_1 *21 22 ...*, kde úhel ψ se rovná

$$\psi = 360^\circ - (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4)$$

a

$$\alpha_{P_1 21} = \sigma_{12} + \gamma + \psi$$
atd.

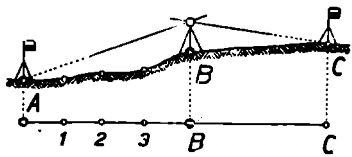
Souřadnice bodu A lze vypočísti jako souřadnice koncového bodu rayonu, který je dán délkou b a jižníkem $\alpha_{P_1 A} = \sigma_{12} + \gamma + \psi_1$ nebo z polygonového pořadu T_3 : *1 A 21*, který je délkově i úhlově připojen k pořadům T_1 a T_2. Výpočet z polygonového pořadu je správnější.

Je nesprávné počítati souřadnice bodu *1* nebo bodu A ze souřadnic bodu P_1, z délky a jižníku za tím účelem, aby polygonový pořad T_1 nebo T_2 se vyrovnal mezi souřadnice bodu *1* (nebo A) a koncovým bodem pořadu. V tomto případě by bod *1* nebo A zastupoval trigonometrický bod, ač jeho souřadnice by nebyly vyrovnané.

3. VYTYČOVÁNÍ DLOUHÝCH SPOJNIC

K vytyčování dlouhých spojnic nebo k jejich prodlužování se užívá úhloměrných strojů-theodolitů nebo busolních strojů. Některé jednodušší vytyčovací úlohy budou v dalším podány.

Vytyčení přímky (obr. 24). Mezi body *A* a *B* je vytyčiti body *1*, *2* a *3*. — Úhloměrný stroj se postaví ku př. v bodě *B*, po dostředění a urovnání se jím zaměří na bod *A* (na hrot nebo spodní část výtyčky). Pomocník s výtyčkou je zařizován pomocí smluvených znamení rukou nebo zvukově do směru a to nejdříve v bodě *1*, pak v *2* a v dalších, čili, postupně od bodu *A* směrem ke stroji. Jakmile se objeví hrot výtyčky ve středu nitkového kříže nebo ve směru svislé nitě, dá se pomocníkovi znamení, aby místo označil kolíkem zaraženým do země. Poloha kolíku se při zarážení stále kontroluje dalekohledem. Žádá-li se větší přesnost ve vyznačení bodu, zarazí se do hlavy kolíku hřebík, jehož poloha se před i během zarážení zkouší pozorováním v dalekohledu a pomocníkovi se při tom dávají pokyny. V případech, kdy se musí vytyčený bod osaditi kamenem s křížkem, provede se osazení až po zaražení kolíku s hřebíkem podle olovnice zajištěné vzhledem ke třem nebo čtyřem bodům, zvoleným blízko kolíku. Počet mezilehlých bodů je závislý na délce spojnice, povaze území a přání, jak daleko mají být od sebe.

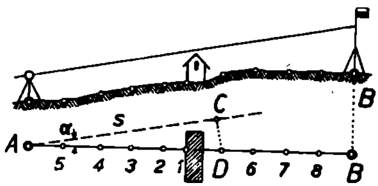


Obr. 24. Vytyčení a prodloužení spojnic.

Prodloužení spojnice (obr. 24). Prodloužiti je úsečku *AB* do bodu *C*. — V tomto případě lze postupovat dvojím způsobem:

a) úhloměrný stroj se postaví v bodě A, dostředí a urovná se. Nato se zaměří na výtyčku v bodě B a po jejím odstranění se zařizuje pomocník tak dlouho do směru, až umístí výtyčku v bodě C, který označí kolíkem;

b) úhloměrný stroj se postaví v bodě B a zaměří se jím na výtyčku v bodě A. Dalekohled se proloží a pomocník se zařizuje do směru osy dalekohledu tak dlouho, až je výtyčka kryta svislou nití nitkového kříže. Bod C se nato označí kolíkem. Nedá-li se dalekohled proložit, zaměří se na bod A a odečte se úhlový údaj, k němuž se připočte 180° a alhidádou se otočí tak, až se na limbu čte vypočtený úhel. Pomocník se zařídí obvyklým způsobem do směru optické osy a tím do přímky. Požadavkem je správně seřízený stroj, zbavený kolimační chyby a se správným dělením. U prokladného dalekohledu lze vytyčovati bod v obou polohách dalekohledu a případná příčná odchylka ve vytyčení bodu se rozpůlí. Tím se obdrží správná poloha bodu C v hledaném směru.



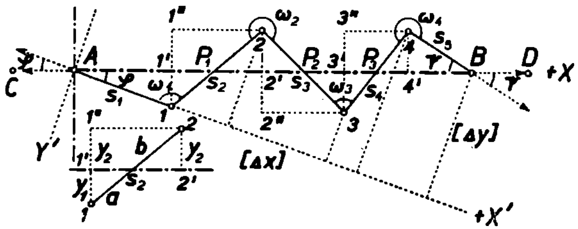
Obr. 25. Vytyčení přímky za překážku.

Vytyčiti přímku před i za překážkou (obr. 25). S bodu A je vidět signál (terč) na bodu B, nikoli naopak. — Po dostředění a urovnání stroje se v bodě A vytyčí body *1, 2, …, 5* známým způsobem. Pro vytyčení bodů za překážkou se zvolí bod C mimo překážku tak, aby kolmice CD byla krátká. V bodě A se změří úhel α, pásmem se změří délka $AC = s$ a délka kolmice se vypočte ze vzorce

$$CD = s \,.\, \mathrm{tg}\, \alpha.$$

V bodě C se vztyčí kolmice a na ni se odměří vypočtená délka CD, čímž se obdrží bod D. Úhloměrný stroj se přenese na bod B, odkud se po dostředění a urovnání zaměří na bod D a počne se s vytyčováním bodů *6*, *7* a *8*. Přitom se vytyčí i průsečík přímky s překážkou.

Pro kontrolu správného vytyčení bodu D lze zvolit druhou pomocnou přímku na opačné straně překážky a týž úkon opakovat. Vytyčené body se označí kolíky nebo se osadí otesanými kameny s křížky.



Obr. 26. Vytyčení přímky v nepřehledném území.

Vytyčiti přímku, není-li s bodu na bod vidět (obr. 26). Není-li v lese nebo v zastavěné části vidět s počátečního bodu na koncový a jde o přesné vytyčení přímky nebo o její prodloužení, užije se k výkonu úhloměrného stroje.

Mezi body A a B se vloží polygonový pořad $A1234B$ tak, aby polygonové strany protínaly spojnici AB nebo byly aspoň blízko této spojnice. Změří se všechny strany a úhly. Nejdříve se vypočtou vytyčovací úhly φ a ψ.

Nejpohodlnější řešení je v souřadnicové soustavě, která se zvolí tak, aby osa $+X'$ procházela prvou stranou $A1$ a počátek soustavy se ztotožní s bodem A. Souřadnice bodu A jsou: $y'_A = 0$, $x'_A = 0$. Směrníky polygonových stran se rovnají:

$$\alpha'_{A1} = 360^\circ, \qquad \alpha'_{23} = \alpha'_{12} + \omega_2 - 180^\circ,$$

$$\alpha'_{12} = \alpha'_{A1} + \omega_1 - 180^\circ, \quad \text{atd.}$$

$$\alpha'_{4B} = \alpha'_{34} + \omega_4 - 180^\circ.$$

Z vypočtených směrníků a měřených stran se vypočtou souřadnicové rozdíly:

$$\begin{array}{ll} \Delta y'_{1A} = s_1 \sin \alpha'_{A1}, & \Delta x'_{1A} = s_1 \cos \alpha'_{A1}, \\ \Delta y'_{21} = s_2 \sin \alpha'_{12}, & \Delta x'_{21} = s_2 \cos \alpha'_{12}, \\ \dots\dots\dots\dots & \dots\dots\dots\dots \\ \Delta y'_{B4} = s_5 \sin \alpha'_{4B}, & \Delta x'_{B4} = s_5 \cos \alpha'_{4B}, \\ \hline [\Delta y'] = [s \,.\, \sin \alpha'] = \Delta y'_{BA}, & [\Delta x'] = [s \,.\, \cos \alpha'] = \Delta x'_{BA}. \end{array}$$

Ze součtu souřadnicových rozdílů se vypočte délka spojnice AB

$$S_{AB} = \sqrt{[s \,.\, \sin \alpha']^2 + [s \,.\, \cos \alpha']^2}$$

a souřadnice bodů v soustavě $Y'X'$:

$$\begin{array}{lll} A: & y'_A = 0, & x'_A = 0, \\ 1: & y'_1 = 0, & x'_1 = s_1, \\ 2: & y'_2 = y'_1 + \Delta y'_{21}, & x'_2 = x'_1 + \Delta x'_{21}, \\ & \dots\dots\dots\dots & \dots\dots\dots\dots \\ B: & y'_B = y'_4 + \Delta y'_{B4}, & x'_B = x'_4 + \Delta x'_{B4}. \end{array}$$

Z vypočtených souřadnicových rozdílů se určí vytyčovací úhly:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{[\Delta y']}{[\Delta x']} = \dots, \qquad \varphi = \dots,$$

$$\psi = \alpha'_{B4} - \alpha'_{BA} = \alpha'_{4B} - \alpha'_{AB},$$

kde

$$\alpha'_{AB} = 360^\circ - \varphi.$$

Souřadnice průsečíků P_n lze vypočísti některým ze způsobů uvedených na str. 26 až 28. Ze souřadnic průsečíků a polygonových bodů se vypočtou vytyčovací délky $1P_1$, $2P_1$, $2P_2$, … atd. Souřadnice průsečíků nepotřebujeme a vytyčovací prvky se nejsnáze vypočtou po výpočtu souřadnic polygonových bodů v otočené soustavě YX, kterou obdržíme, když soustavu $Y'X'$ otočíme o úhel $(360^\circ - \varphi)$, aby se osa

$+X'$ po otočení ztotožnila se směrem AB čili s novou osou $+X$. Přepočtení se provede způsobem uvedeným na str. 43. Souřadnicové rozdíly označíme Δy_n a Δx_n. Kontrolou přepočtení je součet souřadnicových rozdílů, neboť $[\Delta y] = 0$ a $[\Delta x] = AB$.

Polygonové strany, protínající osu $+X$, tvoří s pořadnicemi y zvrhlé lichoběžníky, v nichž jsou známy základny a výšky. Základnami jsou pořadnice y a výškami rozdíly úseček.

Chceme-li nyní vypočísti vytyčovací prvky pro průsečík P_1, stanovíme je ze zvrhlého lichoběžníka *122'1'*, který se doplní na trojúhelník *11"2*. Z podobných trojúhelníků $\triangle\, 11'P_1$, $\triangle\, P_1 22'$ a $\triangle\, 11''2$ obdržíme

$$a = \overline{1P_1} = 12\,\frac{11'}{11''} = s_2\,\frac{y_1}{y_1 + y_2},$$

$$b = \overline{2P_1} = 12\,\frac{22'}{11''} = s_2\,\frac{y_2}{y_1 + y_2}.$$

Kontrolou výpočtu je součet vytyčovacích prvků $a + b = s_2$. Podobně se vypočtou vytyčovací prvky pro průsečíky P_2 a P_3.

V přírodě se odměří délka a od bodu *1* směrem k bodu *2* a bod P_1 se označí kolíkem. Nato se pro kontrolu odměří délka b od bodu *2* směrem k bodu *1* a musí se dospět k témuž bodu P_1. Stejně se postupuje při vytyčování dalších průsečíků.

K prodloužení strany AB oběma směry se použije stroje. Po dostředění a urovnání stroje v bodě A se dalekohledem zaměří na bod *1*. Při upjaté alhidádové ustanovce se odečte úhlový údaj a k němu se připočte rozdíl $(180° - \varphi)$. Nato se alhidádou otočí až se čte vypočtená hodnota. V této poloze dalekohledu musí být optická osa v prodloužení spojnice AB. Pomocník s výtyčkou se zařídí do bodu C. Je-li s bodu A vidět na vytyčený bod P_1, lze jej kontrolovat úhlově tím, že od úhlového údaje při zaměření na bod *1* se odečte úhel φ a alhidádou se otočí až se čte hledaný úhel. Při správném vytyčení musí být výtyčka v zorném poli dalekohledu ve středu nitkového kříže nebo svislá nit musí krýt výtyčku. S bodu A se dají vytyčit další potřebné body mezi A a P_1. Při prokladném dalekohledu se dá kontrolovat též poloha bodu C. Stejným způsobem se vytyčí bod D s bodu B.

Přesné vytyčení dlouhých spojnic. Je-li žádána zvláštní přesnost při vytyčování dlouhých úseček, jako os dlouhých tunelů, užije se trigonometrické sítě, do níž se pojmou oba body spojnice, počáteční a koncový. V trojúhelníkové (trigonometrické) síti se vyrovnají methodou nejmenších čtverců všechny úhly. Z daných trigonometrických stran a vyrovnaných úhlů se stanoví souřadnice všech nových bodů i počátečního a koncového bodu spojnice. Z vypočtených souřadnic se stanoví jižníky stran a z nich vytyčovací úhly. Výpočty prvků pro vytyčování dlouhých úseček se musí konat se zřetelem k zakřivení země na ploše kulové a u zvláště dlouhých na ploše sféroidické.

Při vytyčování kratších spojnic lze užíti dálkového nebo uzavřeného polygonu, vloženého mezi dané body spojnice.

4. VYTYČOVÁNÍ OBLOUKŮ

Osy pozemních staveb jako silnic, železnic, tunelů, koryt vodních toků a pod. jsou složeny z úseček (částí přímek) a a oblouků. Oblouky mohou mít tvar kruhový, parabolický, lemniskátový, oválný atd. podle účelu stavby.

Kruhové oblouky jsou u silničních a železničních staveb. Vrchní stavba železnic vyžaduje vzhledem k rychlosti jízdy vlaků na přechodu z přímky do oblouku přechodnice. Za přechodnici se volí parabola 3. stupně, jejíž křivost se mění plynule od $R = \infty$ u koncového bodu přímky do R, který má oblouk. Rovnice paraboly je $y = x^3 : C$, kde C je veličinou závislou na rychlosti vozu (odstředivé síle a převýšení kolejnic) a je předepsáno železničními předpisy. Vytyčování přechodnic se děje od tečny souřadnicemi.

Při úpravách vodních toků pro plavební koryta se užívá za křivku oblouk lemniskaty, v němž se koryto řeky nezanáší. Též zde musí být přechodnice.

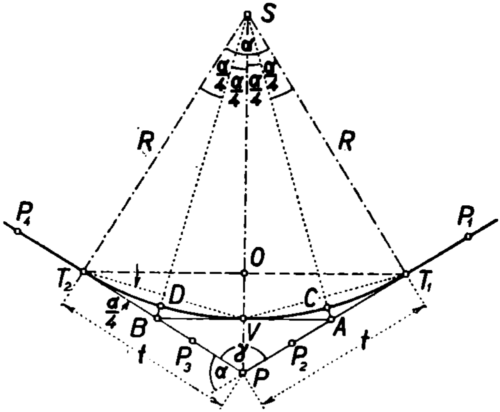
Měřické práce s vypracováním návrhů spojené se dělí na zaměřovací, kancelářské a vytyčovací. V poli se vykoná polygonové měření, k jehož stranám se zaměří pruh území polohově a výškově v rozsahu, který odpovídá plánování navržené stavby (trasy). Polygonové body se osadí kolíky nebo kameny a případně se zajistí místopisně čili topograficky k pevným bodům ve svém okolí, jako k mezníkům na držebnostních hranicích a pod.

Výsledky měřických prací se zobrazí v plánu v určitém měřítku zmenšení a v něm se vypracuje návrh stavby. Osy stavby se zobrazí přímkami a oblouky. V podélném profilu se zobrazí počátky a konce oblouků, poloměry křivosti a kilometrování stavby.

Po vypracování návrhu se vytyčuje osa stavby v poli. Pokud nebyly přímé osy v poli již dány, vytyčí se podle návrhu vzhledem k polygonovým stranám. Vytyčovací prvky se vypočtou v kanceláři nebo se v měřítku na plánu odměří. Mezi přímky se vloží oblouk a pro jeho vytyčení se užije buď výsledků odvozených z plánu nebo z doplňovacího měření.

Postup prací početních a vytyčovacích bude ukázán na několika příkladech bez zřetele k přechodnicím.

Základní pojmy (obr. 27). V území jsou dány přímé osy P_1P_2 a P_3P_4 nějaké stavby nebo jsou v poli vytyčeny podle zobrazení na plánu. Mezi uvedenými přímými osami je vytyčiti osu oblouku o poloměru R tak, aby přímé osy byly tečnami oblouku. — Prvním úkolem je stanovení dotykových bodů T_1 a T_2, které představují počátek a konec oblouku. Bod V je vrcholem oblouku a obdrží se jako průsečík oblouku



Obr. 27. Vytyčení dotykových bodů oblouků.

s osou úhlu γ, který svírají obě tečny. Bod V půlí oblouk. Body T_1, T_2 a V jsou hlavní obloukové body a někdy se k nim počítají i čtvrtobloukové body C a D.

Hlavní body se musí vytyčit velmi pečlivě, neboť slouží za východiska pro další vytyčování podrobných bodů obloukových. K výpočtu je nutno znáti poloměr oblouku R, který je předepsán silničními a železničními předpisy na decimetry a někdy i na celé stometry zaokrouhlený.

Úhel obou tečen se značí γ a středový úhel α. Středový úhel se nikdy neměří, neboť se vypočte z měřených úhlových hodnot. Často by nebylo ani možno pro územní překážky střed S vytyčit. Podle toho, které veličiny byly měřeny, volí se početní postup.

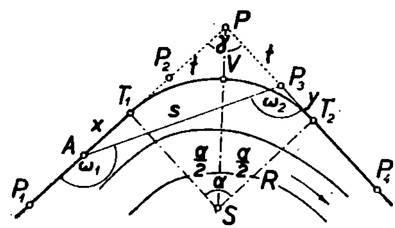
1. (Obr. 27.) Je-li průsečík P stanoven prodloužením tečen, změří se na něm úhel γ a úhel α se vypočte z výrazu $\alpha = 180° - \gamma$, neboť úhly u bodů T_1 a T_2 ve čtyrúhelníku ST_1PT_2 jsou pravé.

Vytyčovací prvky pro body T_1 a T_2 se vypočtou z délek tečen

$$t = \overline{PT_1} = \overline{PT_2} = R \,.\, \mathrm{tg}\, \tfrac{1}{2}\alpha$$

a z měřených stran $\overline{PP_2}$ a $\overline{PP_3}$:

$$\overline{P_2T_1} = t - \overline{PP_2}, \quad \overline{P_3T_2} = t - \overline{PP_3}.$$



Obr. 28. Vytyčení dotykových bodů oblouku v území s překážkami.

Délku P_2T_1 odměříme od bodu P_2 do bodu T_1 a podobně délku P_3T_2 od bodu P_3 do bodu T_2. Oba body označíme kolíky. Takovým způsobem se vytyčí počátek a konec oblouku na daných tečnách.

2. (Obr. 28.) Pro územní překážky není často možno měřit tečnový úhel γ, neboť tečny nelze prodloužit. V takovém případě se úhel γ stanoví početářsky. Na tečnách se zvolí body ku př. A a P_3 tak, aby s nich bylo na sebe vzájemně vidět. Změří se úhly ω_1, ω_2 a vzdálenost obou bodů $s = P_2P_3$. Z $\triangle\, APP_3$ se vypočte úhel γ a neznámé strany:

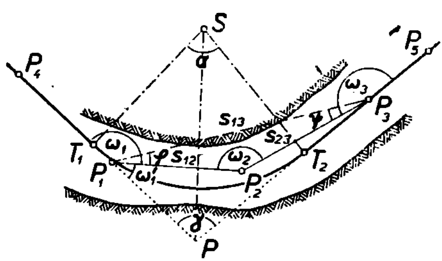
$$\gamma = \omega_1 + \omega_2 - 180°, \quad \alpha = 360° - (\omega_1 + \omega_2) = 180° - \gamma,$$

$$\overline{AP} = s\,\frac{\sin\omega_2}{\sin\gamma}, \qquad \overline{PP_3} = s\,\frac{\sin\omega_1}{\sin\gamma}.$$

Délka tečen se vypočte jako v prvém případě z výrazu $t = \overline{PT_1} = \overline{PT_2} = R\,.\,\mathrm{tg}\,\frac{1}{2}\alpha$ a vytyčovací prvky dotykových bodů jsou:

$$x = \overline{AT_1} = \overline{AP} - t, \qquad y = \overline{P_3T_2} = t - \overline{PP_3}.$$

3. (Obr. 29.) Nelze-li na tečnách najíti body, s nichž je vzájemně na sebe vidět nebo jejich spojnice se nedá přímo měřit,



Obr. 29. Vytyčení dotykových bodů oblouku v nepřehledném území.

zvolí se jeden nebo více polygonových bodů, spojených v pořad a změří se všechny délky a úhly. V obrazci je zvolen jeden bod P_2. Změřeny byly strany s_{12} a s_{23} a vrcholové úhly ω_1, ω_2 a ω_3. Úhel γ se vypočte ze čtyrúhelníka $PP_1P_2P_3$ jako doplněk na 360°

$$\gamma = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 - 360^\circ$$

a středový úhel

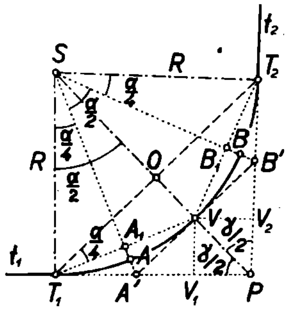
$$\alpha = 540^\circ - (\omega_1 + \omega_2 + \omega_3) = 180^\circ - \gamma.$$

V $\triangle\, P_1P_2P_3$ jsou dány dvě strany s_{12}, s_{23} a sevřený úhel ω_2. Neznámé úhly φ a ψ se vypočtou ku př. tangentovou větou nebo některým způsobem uvedeným v I. dílu. Třetí strana s_{13} se nato vypočte sinovou větou. Neznámé délky v $\triangle\, PP_1P_3$

se stanoví z vypočtených úhlů a délky s_{13}. Vytyčovací prvky pro body T_1 a T_2 se vypočtou po určení délek tečen

$$t = \overline{PT_1} = \overline{PT_2} = R \cdot \mathrm{tg}\, \tfrac{1}{2}\alpha,$$
$$\overline{P_1T_1} = t - \overline{PP_1}, \quad \overline{P_3T_2} = \overline{PP_3} - t.$$

4,1. Vytyčení vrcholu oblouku. Je několik způsobů užívaných při vytyčování vrcholu V a užije se vždy ten, který je pro dané území nejvhodnější. Vrchol se vytyčuje od tětivy, tečny, vrcholové tečny nebo u oblouků o malém poloměru se vytyčuje též pásmem, půlením tečnového úhlu. K vytyčování lze s výhodou užíti prvků vyjmutých z tabulek.



Obr. 30. Vytyčení vrcholu oblouku a čtvrtobloukových bodů.

Vytyčení vrcholu od tětivy (obr. 30). Rozpůlením spojnice dotykových bodů T_1 a T_2 se obdrží bod O. Na kolmici v něm vztyčenou se odměří délka OV, zvaná vzepětí oblouku, vypočtená podle vzorce:

$$\overline{OV} = \overline{SV} - \overline{SO} = R - R \cdot \cos \tfrac{1}{2}\alpha = R\,(1 - \cos \tfrac{1}{2}\alpha). \quad (1)$$

Vytyčení vrcholu od tečny (obr. 30). V pravoúhlém $\triangle\, T_1 V V_1$ se vypočtou délky odvěsen T_1V_1 a VV_1 ze vzorců:

$$\overline{T_1V_1} = \overline{T_2V_2} = \overline{T_1O} = \overline{T_2O} = R \cdot \sin \tfrac{1}{2}\alpha, \quad (2)$$
$$\overline{VV_1} = \overline{VV_2} = \overline{OV} = R\,(1 - \cos \tfrac{1}{2}\alpha). \quad (3)$$

Na tečně t_1 se odměří délka T_1V_1, v bodě V_1 se vztyčí kolmice a na ni se odměří délka VV_1. Obdobně se postupuje u tečny t_2 a musí se dospět do téhož bodu V.

Vytyčení vrcholu rozpůlením úseku vrcholové tečny (obr. 30). K sestrojení vrcholové tečny se vypočtou vytyčovací prvky:

$$\overline{T_1A'} = \overline{A'V} = \overline{B'V} = \overline{T_2B'} = R \cdot \mathrm{tg}\, \tfrac{1}{4}\alpha. \quad (4)$$

Od bodu T_1 se odměří délka T_1A' do bodu A', od bodu T_2 táž délka do bodu B'. Oba body se osadí kolíky a vzdálenost $A'B'$ se změří a rozpůlí. Půlicí bod je vrcholem oblouku V.

Vytyčení oblouku od průsečíku tečen P (obr. 30). V přístupném a vytyčeném bodě P se při měření úhlu γ vytyčí směr osy úhlu PS. Z pravoúhlého $\triangle\ PT_1S$ nebo $\triangle\ PT_2S$ se vypočte délka $\overline{PS}$:

$$\overline{PS} = \frac{R}{\sin \frac{1}{2}\gamma} = \frac{R}{\cos \frac{1}{2}\alpha}.$$

Délka

$$\overline{PV} = \overline{PS} - \overline{VS} = \overline{PS} - R =$$

$$= \frac{R}{\cos \frac{1}{2}\alpha} - R = R\,(\sec \tfrac{1}{2}\alpha - 1), \qquad (5)$$

$$= \frac{R}{\sin \frac{1}{2}\gamma} - R = R\,(\operatorname{cosec} \tfrac{1}{2}\gamma - 1) \qquad (6)$$

nebo též

$$\overline{PV} = \overline{A'V}\,.\,\operatorname{tg} \tfrac{1}{2}\alpha = R\,.\,\operatorname{tg} \tfrac{1}{4}\alpha\,.\,\operatorname{tg} \tfrac{1}{2}\alpha. \qquad (7)$$

Osa úhlu γ se dá též vytyčit pásmem. Na tečny se odměří od bodu P stejné délky, ku př. do bodů A' a B'. Začátek a konec pásma se podrží na bodech A' a B', střed pásma se napne a v polovině délky pásma je bod ležící na ose úhlu. Tohoto způsobu se dá užít jen u plochých oblouků a o malém poloměru.

Vytyčení čtvrtobloukových bodů. Čtvrtobloukové body A' a B' se vytyčí zcela obdobně, jak plyne z obrazce 30. Do výpočetních vzorců se dosadí funkce úhlu $\frac{1}{4}\alpha$.

4,2. Vytyčení podrobných bodů obloukových. Je několik způsobů vytyčovacích. Některé z nich budou v dalším podány.

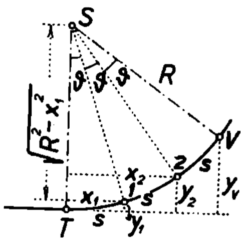
Vytyčování pravoúhlými souřadnicemi od tečny (obr. 31). Se zřetelem k tečně je každý bod oblouku určen úsečkou x_n

a pořadnicí y_n. Úsečka x se vhodně volí a pořadnice y se vypočte. Tak ku př. bod *1* má souřadnice x_1 a y_1. Pro zvolené x_1 se vypočte y_1 podle vzorce:

$$y_1 = R - \sqrt{R^2 - x_1^2} \doteq R - R\sqrt{1 - \frac{x_1^2}{R^2}} \tag{8}$$

čili

$$y_1 = R - R\left(1 - \frac{x_1^2}{R^2}\right)^{\frac{1}{2}}.$$



Obr. 31. Vytyčení podrobných bodů obloukových od tečny.

Po rozvinutí členu v závorce v řadu a při omezení se jen na dva členy řady obdržíme

$$y_1 = \frac{x_1^2}{2R} + \frac{x_1^4}{8R^3} + \dots \tag{9}$$

Položíme-li výraz

$$\frac{x_1^2}{2R} = y_0,$$

obdržíme pohodlný výraz pro číselný výpočet

$$y_1 = y_0 + \frac{x^4}{4R^2}\cdot\frac{1}{2R} = y_0 + \frac{y_0^2}{2R}. \tag{10}$$

Obdobně se vypočtou hodnoty y_2, y_3 atd. Za hodnoty x se volí celé metry 5, 10, 20 a pod., k nimž se vypočtou příslušné y nebo se vyjmou z vytyčovacích tabulek pro zaokrouhlené hodnoty x a R.*)

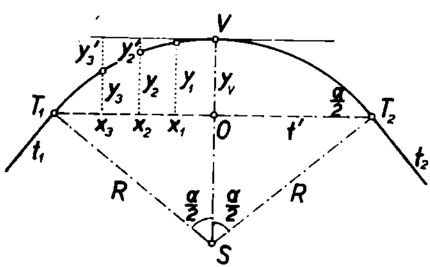
Uvedeným způsobem se vytyčí body na kružnici, avšak délky oblouků nejsou stejné. Mají-li vytyčované body míti od sebe stejnou vzdálenost, musí se předem stanoviti středový úhel pro zvolený obloukový dílec s:

$$\vartheta'' = \varrho''\frac{s}{R}. \tag{11}$$

*) Inž. *Kristián Petrlík*, Vytyčovací tabulky, Praha 1903.

Se zřetelem k vypočtenému úhlu ϑ se stanoví souřadnice z rovnic:

$$\begin{aligned}
x_1 &= R \, . \sin \vartheta, & y_1 &= R - R \, . \cos \vartheta = R \, . \, 2 \sin^2 \frac{\vartheta}{2}, \\
x_2 &= R \, . \sin 2\vartheta, & y_2 &= R - R \, . \cos 2\vartheta = R \, . \, 2 \sin^2 \frac{2\vartheta}{2}, \\
x_3 &= R \, . \sin 3\vartheta, & y_3 &= R - R \, . \cos 3\vartheta = R \, . \, 2 \sin^2 \frac{3\vartheta}{2}, \\
&\text{atd.} & &\text{atd.}
\end{aligned} \tag{12}$$



Obr. 32. Vytyčení podrobných bodů obloukových od tětivy.

Vytyčování pravoúhlými souřadnicemi od tětivy (obr. 32). Nejdříve se stanoví vzepětí oblouku nad tětivou $y_\Gamma = OV$ z daného R a vypočteného úhlu α:

$$y_V = \overline{OV} = R - R \, . \cos \tfrac{1}{2}\alpha = R \, (1 - \cos \tfrac{1}{2}\alpha) = R \, . \sin^2 \tfrac{1}{4}\alpha \tag{13}$$

nebo se zřetelem k délce tětivy $\overline{T_1 T_2} = 2t'$ a vzorci (9)

$$y_V = \overline{OV} = \frac{t'^2}{2R} + \frac{t'^4}{8R^3} + \cdots \tag{14}$$

Podrobné body *1*, *2*, *3* atd. se určí souřadnicemi x_1, y_1; x_2, y_2 atd. počínaje od bodu O jako počátku souřadnic. Úsečky x se volí vhodné velikosti a pořadnice y se vypočtou ze vztahů

$$y_1 = y_V - y'_1,\ y_2 = y_V - y'_2,\ \text{atd.},$$

kde hodnoty y'_1, y'_2, ... jsou dány výrazy

$$y'_n = R - \sqrt{R^2 - x_n^2} \doteq \frac{x_n^2}{2R} + \frac{x_n^4}{8R^3} + \ldots \tag{15}$$

jež jsou obdobné výrazům (8) a (9) při vytyčování bodů od tečny. Stejný výpočet i vytyčování se provede v druhé části oblouku nad úsekem tětivy OT_2.

Podrobné body se dají vytyčovati též polárnými souřadnicemi a řadou jiných způsobů, jež pro nedostatek místa nejsou uvedeny.

Při vytyčování obloukových bodů podle tabulek je třeba si pročísti návod k užití tabulek a výrazů, podle nichž byly tabulky sestaveny.

5. PODROBNÉ MĚŘENÍ

Při měření a zobrazování větších rozloh — států a zemí nebo i jen větších pozemkových skupin — platí zásada postupovati od celku k podrobnostem čili ze širšího do užšího, z obvodu dovnitř. Základní kostrou všech větších měřických prací je jednotná trigonometrická síť katastrální, která je změřena, vypočtena a vyrovnána se zřetelem k zakřivení země a zobrazovací ploše. Poloha trigonometrických bodů je dána rovinnými souřadnicemi v soustavě pravoúhlých souřadnic v zobrazovací rovině rozvinuté kuželové plochy obecného konformního zobrazení kuželového.

Do sítě bodů vyšších řádů jsou vloženy body podrobné triangulace s průměrnou délkou stran 2 km, jejichž souřadnice lze počítat již bez zřetele k zemskému zakřivení jakoby šlo o body v rovině. K zhuštění bodů podrobné triangulace se vkládají body určené protínáním.

Shora uvedené body jsou východisky pro založení polygonové sítě a sítě pomocných měřických přímek, jež se volí tak hustá, aby každý bod podrobného měření se dal zaměřiti úsečkou a pořadnicí (kolmicí), jejíž délka nesmí přesahovati 30 m při zaměření omezníkovaných bodů a 50 m u bodů neoznačených.

Polygonové strany, spojnice libovolných polygonových bodů, pomocné měřické přímky hlavní i vedlejší tvoří dohromady síť měřických přímek, která se číselně vypočte a poskytuje možnost stanoviti souřadnice kteréhokoliv bodu ležícího mimo měřickou přímku, k níž se zaměří bod úsečkou a pořadnicí.

Uvedený postup se volí při měření methodou polygonovou, polární a protínání. Cílem měření je obdržeti mapu, poskytující obraz zaměřeného zemského povrchu. Jmenovaným methodám říkáme též číselné methody na rozdíl od methody měřického stolu.

U nás se však dosud užívají v hojné míře mapy, pocházející z měření pro stabilní katastr, vyhotovené graficky methodou měřického stolu. Podkladem pro ně byla trigonometrická síť bodů 4. řádu graficky vybudovaná. Methoda měřického stolu se užívá u nás dodnes, jejím podkladem je však trigonometrická síť a síť měřických bodů určených číselně.

Uvedenými methodami se získávají katastrální mapy, které obsahují zobrazení všech předmětů měření, pro pozemkový katastr důležitých, na přirozeném povrchu zemském i pod ním, avšak jen výsledky měření ve smyslu vodorovném.

Poněvadž se při měřickém postupu ze širšího do užšího musí výsledky nižších řádů vyrovnávat mezi hodnotami vyšších řádů, je tím dbáno o rozdělování všech odchylek vzniklých jednak skreslením v zobrazovací soustavě, chybami v měření délek a úhlů, vlivem nadmořské výšky a pod. Tak se stane, že délka přímo měřená nesouhlasí absolutně s délkou vypočtenou ze souřadnic. Při zobrazování bodů podrobného měření se postupuje obdobně a tím délka přímo měřená nebude absolutně souhlasit s délkou odměřenou na mapě (na mapě zobrazenou), ale musí souhlasit v určitých mezích přesnosti, které jsou stanoveny pro každé měřítko mapy a způsob jejího vyhotovení. Tyto nedostatky jsou zaviněny tím, že zemský povrch není rovinný a není rozvinutelný do roviny, dále se tu uplatňují chyby, o nichž pojednává vyrovnávací počet. Odchylky v délkách mají vliv též na výpočet výměr obrazců (pozemků a parcel), neboť výměra obrazce stanovená z délek přímo měřených nebude souhlasit úplně s výměrou jejího zobrazení (parcelou) na mapě. Musí však být v přípustných mezích.

Katastrální mapy slouží za podklad pro topografické mapy všech měřítek. K tomu cíli se využije zobrazení na katastrálních mapách, jež se topografickým měřením doplní o ty předměty měření, jež katastrální mapa neobsahuje. Současně se provede výškové měření v rozsahu nutném pro sestrojení vrstevnic. Katastrálních map se užívá též jako podkladů pro různé druhy plánování, pro plány polohy, upravovací (regulační) atd.

Otisků katastrálních map se užívá jako součásti veřejných knih pozemkových, železničních a horních.

Katastrální mapa obsahuje tyto předměty měření: parcely všech druhů vzdělávání a užívání jako role, louky, zahrady, vinice, pastviny, lesy, močály, jezera, rybníky a půdu odňatou zemědělskému nebo lesnímu obdělávání (parifikační půda), zastavěné plochy a nádvoří, neplodnou půdu, cesty, silnice a vodní toky. Uvedené předměty měření se zobrazují v měřítku mapy, kdežto předměty, které se nedají v měřítku zobrazit, vyznačují se stanovenými značkami.

Katastrální mapy se nyní vyhotovují v měřítku zmenšení 1 : 500, 1000, 2000 a 1 : 4000. Dříve se vyhotovovaly též v měřítku 1 : 720, 1440, 2880, 625, 1250 a 2500. Podle katastrálních předpisů musí se katastrální mapy shodovat se skutečným stavem a obsahem veřejných knih. Zobrazení na mapě odpovídá stavu ke dni jejího vyhotovení nebo doplnění. Vlivem hospodářského a podnikatelského života se tvářnost přírody stále mění a tím vzniká nesouhlas mezi zobrazením na mapě a přírodou. K odstraňování nesouhlasu mezi mapou, skutečností a veřejnými knihami jsou katastrální měřické úřady povinny vyšetřovat změny a zakreslovati je do mapy. Zaměřování změn a nesouhlasů provádějí jednak katastrální měřické úřady samy, jednak je provádějí úředně oprávnění civilní geometři nebo oprávněné úřady, tyto však jen v mezích své úřední potřeby.

O tom, jak se provádějí měřické práce pro vyhotovení katastrální mapy, jsou předpisy obsaženy v měřickém *Návodu A* a o tom, jak se provádí zaměřování pro doplňování mapy změnami, stanoví *Návod B*. Oba návody vydalo ministerstvo financí v Praze. Též učebnice geodesie a mnohé příručky obsahují měřický, výpočetní a zobrazovací postup.

Zaměřování změn se musí provádět toutéž methodou, jakou byla vyhotovena mapa nebo methodou zaručující stejnou přesnost. Podle toho se užije při zaměřování změn methody:

a) číselné (polygonové, polární a protínání),

b) záměrných přímek (při doplňování map vyhotovených methodou měřického stolu).

Katastrální mapy představují proto cenný podklad pro všechny druhy technického podnikání a nic nesmí sváděti k tomu, aby pro každý návrh nějaké zemní stavby byla příslušná část území znovu zaměřena a často s menší přesností než jakou poskytuje katastrální mapa. Náklad na vyhotovení katastrálních map je veliký a vyhotovení vyžaduje nejen dosti námahy, ale i času a proto musí být katastrálních map náležitě a pro všechny účely využito. Neobsahuje-li mapa všechny údaje důležité pro návrh stavby, doplní se, a v území se provedou doplňovací měřické práce ve smyslu vodorovném i výškovém. K velkým měřickým pracím se přikročuje jen tehdy a tam, kde dosavadní katastrální mapa nevyhovuje svým měřítkem nebo svojí přesností a nelze ji vyhotovit ve větším měřítku podle číselných dokladů po ruce jsoucích.

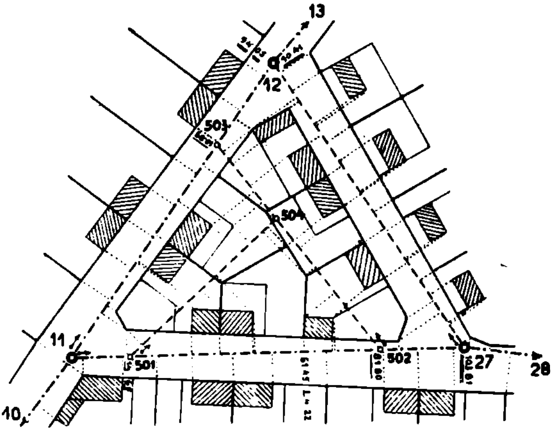
V dalším výkladu budou uvedeny způsoby doplňovacího měření, které se jinak shodují s měřením při větších měřických pracích.

Základní pojmy. Pozemkem se rozumí část přirozeného povrchu zemského, která je od sousedních částí oddělena trvale viditelným rozhraničením, hranicí správní nebo držebnostní nebo se od nich liší vzděláváním nebo užíváním. Parcelou se rozumí geometrické zobrazení pozemku v katastrální mapě.

Pozemek je jednoznačně určen, je-li omezníkován nebo vykolíkován ve všech lomových bodech, při čemž body lomů jsou na meznících dány středem křížků nebo odhadnutou polohou středu mezníků nebo kolíky a jejich středy. Přesnost v určení správných lomových bodů je proto různá. Lomovým bodem je každý bod hranice, kde se směr její mění. Obloukovité a křivolaké hranice se omezníkují hustěji, aby bylo možno oblouk nebo křivolakou čáru nahraditi tětivami. Hranice pozemku jsou tudíž dány jen lomovými body. Pomyslná hranice by byla dána svislou rovinou procházející danými lomovými body, jejíž průsečnice se zemským povrchem tvoří nepravidelnou prostorovou čáru. Tato může být v mnohých případech přímkou, někde obloukem a častěji nepravidelnou čarou ve svislé rovině.

Pro měření nahrazujeme pozemek náhradným mnohoúhelníkem prostorovým, jehož lomové body jsou totožné s lomovými body hranic pozemku a spojnice lomových bodů nahrazují hranice.

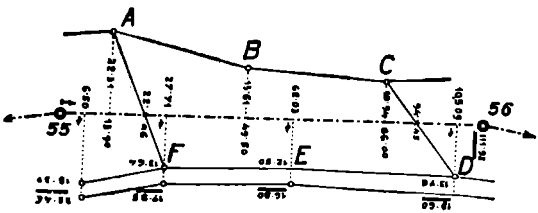
Tvar náhradního mnohoúhelníka se stanoví, určí-li se vzájemná poloha všech lomových bodů prostorového mnohoúhelníka ve smyslu vodorovném. Jeho pravoúhlý průmět ve vodorovné rovině je důležitý pro výpočet výměry pozemku, kdežto geometrické zobrazení v katastrální mapě nebo na plánu v určitém měřítku je podkladem pro výpočet výměry parcely.



Obr. 33. Zaměření souboru pozemků polygonovou methodou.

Skutečnou výměru pozemku na přirozeném povrchu zemském nevyšetřujeme. To by byla velmi nákladná práce. V geometrickém pojetí bude v dalším výkladu uvažována plocha vodorovného průmětu náhradného prostorového mnohoúhelníka jako výměra pozemku a plocha jeho geometrického zobrazení na mapě jako výměra parcely. Mezi oběma výměrami mohou být rozdíly jen v přípustných mezích.

5,1. Číselné způsoby měřické. a) *Polygonový způsob* (obr. 33). K zaměření skupiny parcel se užijí polygonové strany *11-12* a *11-27*. Spojnice polygonových bodů *12-27* je hlavní pomocnou přímkou měřickou. K zaměření všech lomů na držebnostních hranicích, rohů domů a lomů uvnitř zastavěné části, jsou zvoleny na polygonových stranách body pomocných měřických přímek *501*, *502*, *503* a *504*. Číslování bodů pomocných měřických přímek se provádí až po očíslování polygonových bodů. Spojnice *502-503* je hlavní a spojnice *501-504* vedlejší pomocnou přímkou měřickou. Na každou přímku se zaměří všechny lomy a rohy v jejím okolí po obou stranách tak, aby bylo možno každý bod vykreslit v měřickém náčrtu i v mapě. Každý bod se zaměří úsečkou a pořadnicí (kolmicí). Při měření se měřická přímka vyznačí na počátečním, koncovém a mezilehlých bodech výtyčkami, aby při měření mohl být dodržován správný směr. Stopy kolmic a polohy bodů pomocných měřických přímek se zastaničí při průběžném měření měřické přímky. Délky úseček se píší v polním náčrtu na opačné straně kolmic a u bodů pomocných měřických přímek na opačné straně odbočující měřické přímky. U počátečního bodu se vyznačí směr měření tečkou a šipkou. Staničení bodů pomocných měřických přímek se jednou podtrhne a koncová míra na přímce se podtrhne dvakrát. Délky kolmic (pořadnic) se zapisují rovnoběžně s kolmicí, jak ukazuje obr. 34. Není-li k zapsání délky kolmice místo pro krátkost kolmice, vyznačí se stranou staničení znaménko kolmosti $\perp$ a k němu se připíše délka kolmice.



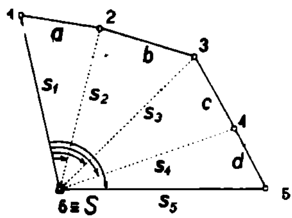
Obr. 34. Číselné zaměření pozemku.

Obr. 34 ukazuje zaměření obvodu celého pozemku *ABCDEFA* a způsob psaní měřických údajů při staničení kolmic a průsečíků měřické přímky s hranicemi pozemků.

Polní náčrt se vyhotovuje ve zvětšeném měřítku než v jakém má být pořízena mapa a nejčastěji se volí dvojnásobné měřítko. Na náčrtech se vyznačuje též směr měřických přímek na další měřické body, které jsou v nejbližším okolí na sousedních polních náčrtech. Podrobnosti o vyhotovování polních náčrtů obsahuje *Návod A*.

Postup měření závisí tudíž na vhodné volbě sítě měřických přímek.

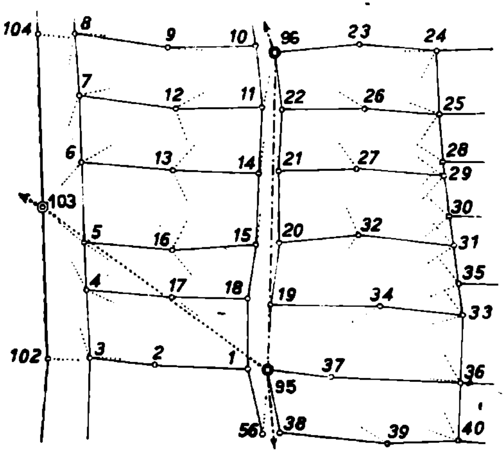
b) *Polárný způsob* (obr. 35). Poloha určovaného bodu je dána od stanoviska délkou s a směrovým úhlem. Při polárném zaměření pozemku tvaru šestiúhelníka se postaví stroj na jeden z bodů, ku př. na bod $6 \equiv S$. Stroj se dostředí, urovná a je-li použit dvojosý theodolit, zastaví se alhidáda tak, aby na odčítacích pomůckách byla čtena nula. Při upjaté alhidádě a uvolněném limbu se zaměří na bod *1*. Nato zůstane limbus upjat a zaměřuje se postupně na body *2* až *5*. Při zaměření na každý bod se odečte úhlový údaj a zapíše do zápisníku. Tak se změří směrové úhly paprsků *S2*, ..., *S5* od počátečního směru *S1*. Délky s_1 až s_5 se změří přímo pásmem nebo opticky, je-li k měření užit stroj s dálkoměrným zařízením. Pro kontrolu měření se oměří obvodové délky a, b, ..., d.



Obr. 35. Zaměření pozemku polární methodou.

Pro katastrální účely se užívá k měření úhlů a délek přesných dálkoměrných strojů, jimiž lze měřiti délky do 120 i do 130 m. Výklad o nich viz na str. 157 až 164.

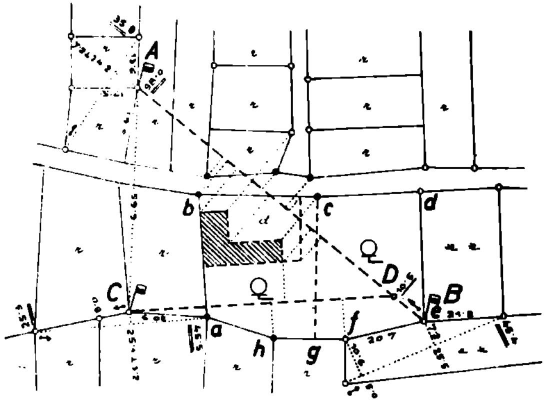
Za stanoviska stroje se při větších polárních měřeních užívá trigonometrických, polygonových nebo i jiných měřických bodů. Směrové úhly se měří od daných stran procházejících stanovisky. Na každém stanovisku se zaměří všechny podrobné body kolem až se vyčerpá celý obvod kolem stanoviska. Důležité body se zaměřují se dvou stanovisek, body méně důležité jen s jednoho stanoviska. Obr. 36 ukazuje za-



Obr. 36. Zaměření souboru pozemků polární methodou.

měření nejbližšího okolí kolem stanovisek *95* a *96*, jež jsou polygonovými body a kolem bodu *103*, který je vedlejším polygonovým bodem. V polním náčrtu se kreslí poloha každého bodu podle úhloměru a odečtené délky. Na polním náčrtu se před podrobným měřením vyznačí síť měřických bodů, které slouží nejen za stanoviska, ale i k orientaci úhlového měření. U každého podrobného bodu se na polním náčrtu vyznačí krátká čárkovaná čára směrem k stanovisku. s něhož byl bod zaměřen. Každý zaměřený bod obdrží své číslo a totéž číslo se uvede v zápisníku, který tvoří nerozlučnou součást polního náčrtu. V zápisníku se kromě úhlu zapisuje též měřená délka. Úhly se měří jen v jedné poloze dalekohledu. Proto nesmí mít stroj kolimační chybu.

Způsob záměrných přímek (obr. 37). Záměrnou přímkou je každá spojnice dvou zaměřených pevných bodů. Pevným bodem je podle katastrálních předpisů každý bod v přírodě,



Obr. 37. Zaměření změněných hranic pozemku na záměrné přímky.

který se zřetelem k jiným bodům ve svém okolí souhlasí se svým polohopisným a geometrickým zobrazením na mapě.

Na pozemku *abcdefgha* byl postaven dům, zřízen dvůr a zahrada. Jde o zaměření změny a její zákres do katastrální mapy, která je vyhotovena methodou měřického stolu. Kromě toho je třeba zaměřiti a zobraziti nově osazené mezníky na držebnostních hranicích. — V obrazci jsou nově osazené mezníky označeny tmavě vyplněným kroužkem a nové hranice čárkovaně.

Před zaměřením změny se ověří poloha mezníků na bodech *A*, *B* a *C*, zda souhlasí se zobrazením na mapě. Poloha jejich se zkouší měřením vzhledem k jiným bodům v jejich nejbližším okolí. Souhlasí-li zobrazení se skutečným stavem, jsou mezníky správně na svých místech a lze změnu k nim zaměřiti. Bod A se spojí s bodem B a na jejich spojnici se zaměří polohy všech dosažitelných starých i nových mezníků, důležitých bodů zaměřované změny a poloha bodu D. Stejně se postupuje s měřením spojnice CD. Body, které jsou na přímé hranici, lze zaměřiti oměrnými (obvodovými) mírami.

Pro nedostatek pevných bodů lze voliti polygonový pořad připojený na vzdálené pevné body a pro zákres do mapy jej propočítat na spojnici počátečního a koncového pevného bodu. Změna se zaměří k vhodně zvoleným polygonovým stranám.

Polní náčrt lze v těchto případech vyhotovit volně od ruky nebo v přibližném měřítku a v mnohých případech lze úsečky v náčrtu zobrazovati v měřítku a pořadnice vynášeti od oka a pod. Cílem je získání náčrtu představujícího zřetelný, byť i skreslený, obraz změny s jejím okolím a opatřený všemi měřickými údaji pro zákres do mapy.

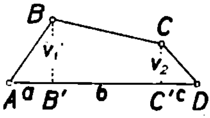
Tam, kde je dostatek pevných bodů, lze změnu často zaměřiti jen na oměrné míry mezi pevnými body.

5,2. Měřické způsoby pro různé účely. Při měření polygonovém, polárním i záměrných přímek je třeba přihlížeti někdy k nutnosti vypočísti výměry obrazců z polních měr nebo jde o to, nejjednoduššími prostředky zaměřiti pozemek nebo více pozemků. Je tu řada možností.

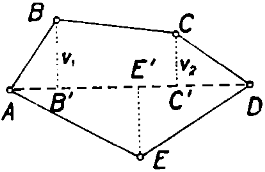
Způsob pravoúhlých souřadnic (obr. 38). Je změřiti a zobraziti čtyrúhelníkový pozemek $ABCDA$. — K nejdelší straně $\overline{AD}$ se sestrojí kolmice s bodů B a C, jichž stopy jsou označeny B' a C'. Změřením úseků a, b, c a výšek v_1 a v_2 jsou dány všechny prvky k zobrazení a výpočtu výměry. Pro kontrolu měření se změří ještě délky AB, BC a CD.

(Obr. 39.) Pozemek $ABCDEA$ tvaru pětiúhelníka se zaměří na nejdelší úhlopříčnu $\overline{AD}$. S bodů B, C a E se sestrojí kolmice a jejich stopy B', C' a E' se zastaničí při měření délky AD. Dále se změří výšky v_1, v_2 a v_3 a pro kontrolu ještě oměrné míry AB, BC, ... až EA.

Obr. 40 ukazuje jiné zaměření pozemku tvaru pětiúhelníka, který je úhlopříčnami rozdělen na tři trojúhelníky. Po



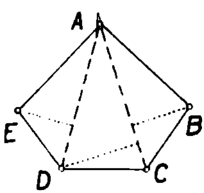
Obr. 38. Zaměření pozemku k delší straně.



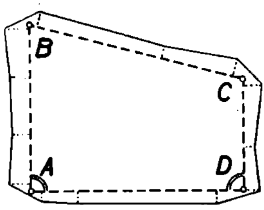
Obr. 39. Zaměření pozemku k úhlopříčce.

změření délek úhlopříčen a výšek (kolmic) je obrazec určen. Pro kontrolu se oměří obvodové míry.

Uvedenými způsoby se zaměřují pozemky menších rozměrů, u nichž kolmice nejsou příliš dlouhé. Pozemky velkých

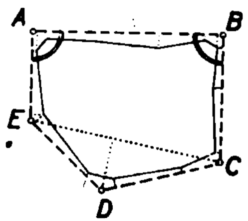


Obr. 40. Zaměření pozemku k úhlopříčkám.

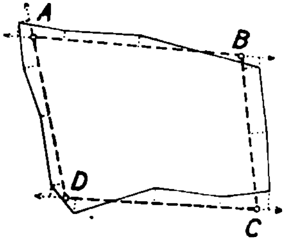


Obr. 41. Zaměření pozemku k základnímu obrazci vepsanému.

rozměrů a nepravidelného tvaru se zaměřují tak, že se zvolí určitý jednoduchý základní obrazec, jehož strany probíhají blízko lomových bodů pozemků. Na strany základního obrazce se zaměří úsečkami a pořadnicemi všechny lomové body. Pro sestrojení základního obrazce se změří všechny potřebné úhly a délky a pro kontrolu i délky úhlopříček. Tím je dána pevná kostra k zaměření obvodu pozemku. Mohou nastati případy, že základní obrazec je pozemku vepsán, opsán, nebo částečně vepsán i opsán.



Obr. 42. Zaměření pozemku k základnímu obrazci opsanému.



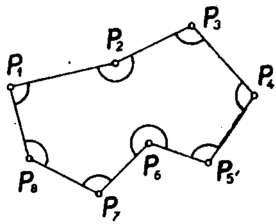
Obr. 43. Zaměření pozemku k libovolnému základnímu obrazci.

V mnohých případech lze ke zvolené straně základního obrazce sestrojiti v koncových bodech pravé úhly úhloměrnou pomůckou a u zvláště velkých pozemků nebo souboru pozemků se potřebné úhly změří busolou nebo theodolitem. Délky stran se vždy změří. Vrcholy základního obrazce se mohou též vypočísti v dané nebo zvolené souřadnicové soustavě.

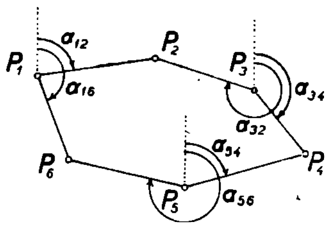
(Obr. 41.) K zaměření pozemku byl zvolen vepsaný základní čtyrúhelník *ABCDA*, k jehož základně *AD* byly sestrojeny pentagonem kolmice *AB* a *DC*. Správnost vytyčení je kontrolována délkou strany *BC*. Obvod pozemku se zaměří úsečkami a pořadnicemi ke stranám základního obrazce.

(Obr. 42.) Základní pětiúhelník je opsán nepravidelnému pozemku. Ve vrcholech *A* a *B* byly vztyčeny kolmice *AE* a *BC* a poloha bodu *D* byla stanovena úsečkou a pořadnicí ke spojnici *CE*. Na takto zvolené strany základního pětiúhelníka se zaměří všechny lomové body nepravidelného pozemku, aniž by bylo nutno vstoupiti na pozemek.

Obr. 43 ukazuje sdružený případ obou předcházejících, kde základní čtyrúhelník $ABCDA$ je částečně vepsán, částečně opsán do nepravidelného pozemku. Úhly ve vrcholech A, B, C a D se změří theodolitem nebo busolou a délky pásmem.



Obr. 44. Zaměření pozemku po obvodě.

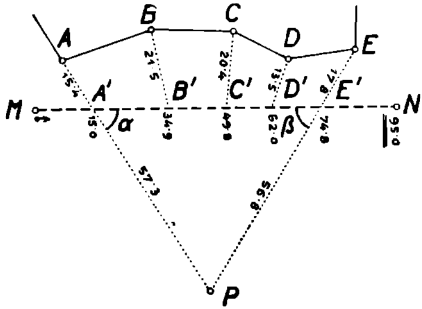


Obr. 45. Zaměření pozemku busolou.

Měření po obvodě (obr. 44). Větší pozemky nebo lesní soubory se dají zaměřiti po obvodě tím, že se změří všechny vrcholové úhly vnitřní a délky stran. Je-li některá obvodová strana úhlově připojena ke straně o známém jižníku, dají se souřadnice vrcholů vypočísti v dané souřadnicové soustavě. Jinak je možno zvoliti pomocnou souřadnicovou soustavu, jejíž počátek se zvolí v některém vrcholu a jedna strana vrcholem jdoucí se zvolí za osu $+X$.

Obr. 45 představuje uzavřený polygon pro zaměření většího lesního souboru lesní busolou. Magnetické azimuty lze měřiti ob vrchol. Délky stran se změří buď pásmem nebo latí nebo opticky. Zobrazení se provede podle údajů stolní busoly graficky a tím odpadá číselný výpočet. Výhodou busolního měření je, že se chyba v měřeném azimutu nepřenáší do dalších azimutů.

Methoda průseková (obr. 46). K zaměření lomené hranice $ABCDE$ lze užíti též průsekové methody. K zaměření se zvolí vhodně položená záměrná přímka MN a pól P, vzhledem k nimž se obdrží kosoúhlé souřadnice. K vytyčení průsečíků přímky MN se spojnicemi bodů $A, B, \ldots E$ s pólem P stojí jeden pozorovatel za výtyčkou v bodě M a druhý za výtyčkou v pólu P. Oba pozorovatelé zařizují pomocníka s výtyčkou současně do směru MN a směrů $PA, PB, \ldots PE$.

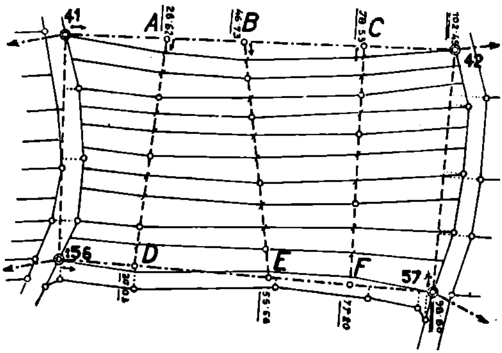


Obr. 46. **Průseková** methoda.

Průsečíky $A', B', \ldots, E'$ se označí kolíky. Nato se přistoupí k měření a při staničení záměrné přímky MN se odečtou polohy průsečíků a kosoúhlé pořadnice $AA', BB', \ldots EE'$. Pro zobrazení lomené hranice se změří ještě délky $A'P$ a $E'P$ nebo úhly α a β. Tím jsou dány všechny prvky nutné k zobrazení lomené hranice $A \ldots E$.

Podobně se zaměří nepravidelný pozemek, jehož jedna z delších stran se ztotožní s přímkou MN.

Obr. 47 ukazuje zaměření souboru řemenových pozemků (úzkých a dlouhých) s pravidelnými lomy na hranicích. — Na spojnice polygonových bodů se zaměří celý obvod pozemkového souboru úsečkami a pořadnicemi. Při měření se dbá též toho, aby výměra souboru se dala číselně vypočísti z polních měr. Při měření se vyšetří průsekové spojnice (příčky čili transversály) lomových bodů a jejich průsečíky s měřickými přímkami. Tak se obdrží na polygonové straně *41-42* průsečíky A, B a C a na polygonové straně *56-57* průsečíky D, E a F, jež se zastaničí. Při měření příček se zastaničí jejich průsečíky s hranicemi pozemků. Zaměření takového



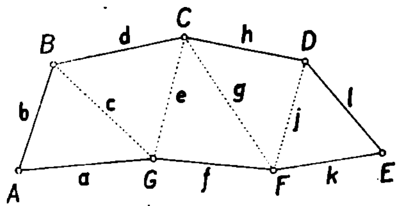
Obr. 47. Zaměření řemenových pozemků.

pozemkového souboru i jeho zobrazování pokračuje velmi rychle a přesně. Pro kontrolu měření postačí oměřiti délky jen po obvodě souboru.

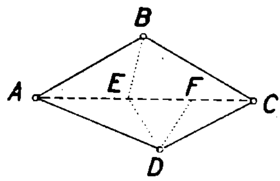
Měření trojúhelníkovou soustavou (obr. 48). Nepravidelný pozemek se rozdělí spojnicemi lomových bodů na řadu trojúhelníků a v každém trojúhelníku se změří všechny strany. Tím je dána možnost zobrazení i výpočtu výměry.

Obr. 49 představuje zaměření čtyrúhelníkového pozemku trojúhelníkovou soustavou vztaženou k úhlopříčce AC, na níž jsou zvoleny body E a F a zastaničeny. K zobrazení je nutno změřiti všechny délky.

Příčné míry (obr. 50). K měřické přímce MN zastaničené lomové body *1* až *10* úsečkami a pořadnicemi se dají kontrolovati spojnicemi *1-8*, *2-8*, ... atd., jimž se říká příčné míry. Přímo měřené příčné míry a vypočtené z úseček a pořadnic se musí shodovat nebo být v přípustných mezích se zřetelem k nevyhnutelným chybám při měření. Příčné míry jsou nejen dobrou kontrolou měření, ale i při zobrazování.



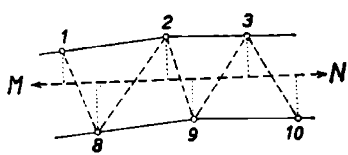
Obr. 48. Zaměření trojúhelníkovou soustavou.



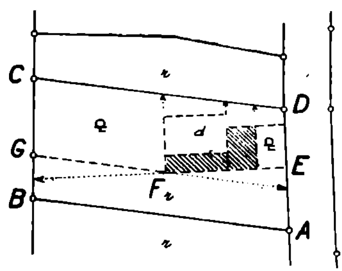
Obr. 49.

Jiný způsob zaměření trojúhelníkovou soustavou.

Způsoby znázorněné v obrazcích 48 až 50 se dají spojovati.



Obr. 50. Příčné míry.



Obr. 51. Směrové zaměření hranic pozemku.

Směrová methoda (obr. 51). Zaměření změny pro zákres do mapy, pocházející ze stolového měření, lze provésti též směrovou methodou. Zakládá se na prodlužování změněných nebo nových hranic až na hranice nezměněných pozemků, v katastrální mapě vyznačených. Postup při měření vyplývá z obrazce 51, kde se původní pozemek *ABCDA* rozdělil na část *ABGFEA* a část *CDEFGC*, na níž byl postaven dům, zřízen dvůr a zahrada. — Nejdříve se zkontroluje obvod nezměněného pozemku, zda souhlasí s hranicemi sousedních pozemků a se zobrazením na mapě. Při oměřování hranic původního pozemku se odčítají již průsečíky prodloužených změněných a nových hranic a dočasně se označí měřickou jehlou nebo křídou na plotě a pod. Nato se změří délky prodloužených nových hranic v rozsahu nutném pro zákres do mapy od průsečíku k průsečíku na nezměněných hranicích, nebo na nových hranicích právě zaměřených. Měřené údaje se zapisují do polního náčrtu. Polní náčrt musí obsahovat všechny údaje měřické i orientační, to je, náčrt musí udávat polohu změněného pozemku vzhledem k sousedním pozemkům a světovým stranám.

6. VÝPOČET VÝMĚR

Měření pozemků se vztahuje též na zjištění výměry. Výměrou se rozumí plošný obsah zaměřeného obrazce v určitých plošných jednotkách. U nás se výměra vyjadřuje v hektarech, arech a čtverečných metrech a plocha velkých jednotek správních se udává též ve čtverečných kilometrech. V hospodářsko-obchodních jednáních se užívá často též sáhové míry a výměra se udává v jitrech, korcích (strychách), měrách a čtverečných sáhách. Podle katastrálních předpisů se rozumí výměrou pozemku výměra parcely, jež je zapsána v pozemkovém katastru. Tato výměra byla vypočtena na katastrální mapě a vyrovnána vzhledem k výměře většího souboru parcel a celého mapového listu. Tím není výměra parcely vypočtena jen z rozměrů obrazce, nýbrž se tu přihlíží k řadě okolností, jež mají vliv na geometrické zobrazení a výměru. Výměru pozemku katastrální zákon nezná a v pozemkovém katastru se proto nevede.

Se zřetelem ke skutečnosti budeme v dalším výkladu rozeznávati

a) výměru povrchové plochy pozemku jako přirozeného povrchu,

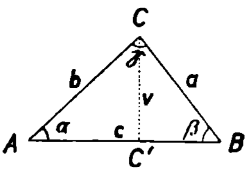
b) výměru pozemku jako průmětu náhradního prostorového mnohoúhelníka ve vodorovné rovině,

c) výměru parcely jako plochy geometrického zobrazení na katastrální mapě.

Výměra pozemku jako přirozeného povrchu — nepravidelně zprohýbané, strmé, sklonité, nerovné — je složitou úlohou a má význam jen v některých případech technických, jako při vyšetřování množství vody, která se při dešti vypaří a pod.

Výměra pozemku jako průmětu náhradního prostorového mnohoúhelníka se stanoví z délek měřených ve smyslu vodorovném. I tu jde o dvojí možnost, buď vodorovné délky měřené v určité nadmořské výšce přímo použijeme nebo je redukujeme na hladinu mořskou. Výměra průmětu pozemku na mořské hladině bude tím menší, čím bude nadmořská výška pozemku větší. Promítneme-li část zemského povrchu o výměře asi 60 km² s výše 1000 m do mořské hladiny, obdržíme odchylku ve výměře asi 1,7 ha, což je vzhledem k celé výměře nepatrná odchylka. Proto lze výměru pozemku o menší výměře počítati přímo z polních měr vodorovně měřených bez redukce na mořskou hladinu.

Výměry pozemků i parcel lze vypočísti různým způsobem podle toho, které veličiny byly měřeny a jaký početní způsob se zvolí.



Obr. 52. Určující prvky trojúhelníka.

6,1. Přehled vzorců pro výpočet výměr jednoduchých obrazců. a) *Trojúhelník* (obr. 52). Výpočet výměry trojúhelníka se provede z daných prvků:

1. ze základny c a výšky v:

$$2P = c \, . \, v,$$

2. ze tří stran a, b a c podle Heronova vzorce

$$P = \sqrt{s(s - a)\,(s - b)\,(s - c)},$$

kde $2s = a + b + c$,

3. ze dvou stran a, b a sevřeného úhlu γ:

$$2P = ab \, . \sin \gamma,$$

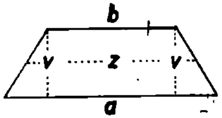
4. ze strany c a přilehlých úhlů α, β:

$$2P = c^2 \frac{\sin \alpha \sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)}$$

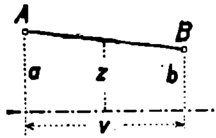
nebo

$$2P = \frac{c^2}{\operatorname{cotg} \alpha + \operatorname{cotg} \beta}.$$

Podle vzorců se počítá vždy dvojnásobná výměra a teprve výsledek se dělí dvěma. Vzorce uvedeného pod 3. se užije při výpočtu výměr pozemků zaměřených polární methodou.



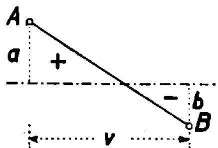
Obr. 53. Určující prvky lichoběžníka.



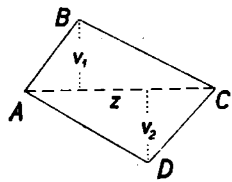
Obr. 54. Kolmicový lichoběžník.

b) *Lichoběžník* (obr. 53). Výměra lichoběžníka je dána výrazem

$$2P = (a + b) \cdot v \text{ nebo } P = z \cdot v, \text{ kde } z = (a + b) : 2.$$



Obr. 55. Zvrhlý lichoběžník.

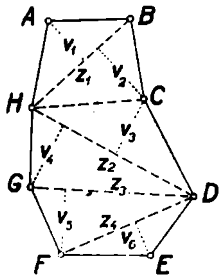


Obr. 56. Rozdělení čtyrúhelníka na trojúhelníky.

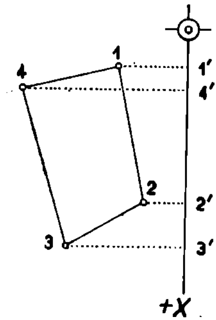
Při výpočtu výměr se často vyskytují kolmicové lichoběžníky ve tvaru vyznačeném v obr. 54, kde rovnoběžné strany jsou délky kolmic (pořadnic) a výškou rozdíl úseček staničených bodů *A* a *B*. Jsou-li body *A* a *B* každý na jiné straně měřické přímky, vzniká zvrhlý lichoběžník (obr. 55). Pořadnice se počítají na jedné straně kladně a na druhé záporně. Zvolíme-li kolmici bodu *A* za kladnou, musí být kolmice bodu *B* zápornou. Výměra zvrhlého lichoběžníka se rovná rozdílu ploch obou trojúhelníků, z nichž je složen zvrhlý lichoběžník.

c) *Čtverec a obdélník.* Výměra je dána součinem obou rozměrů čili

u čtverce $P = a^2$, kde a je stranou čtverce,
u obdélníka $P = a \,.\, b$, kde a je základnou a b výškou.



Obr. 57. Rozdělení mnohoúhelníka na trojúhelníky.



Obr. 58. Souřadnicové řešení výměry obrazce.

d) *Čtyrúhelník* (obr. 56). Je-li čtyrúhelník zaměřen na úhlopříčku $z = \overline{AC}$ úsečkami a pořadnicemi čili výškami v_1 a v_2, je jeho výměra dána výrazem

$$2P = z \,.\, (v_1 + v_2),$$

což je výměra součtu ploch obou trojúhelníků $\triangle ABC$ a $\triangle ACD$.

e) *Mnohoúhelník* (obr. 57). Úhlopříčkami rozdělíme mnohoúhelník na trojúhelníky a na úhlopříčky zaměříme vrcholy obrazce úsečkami a kolmicemi. Pro výpočet výměry se dají často dva sousední trojúhelníky spojit ve čtyrúhelník a se zřetelem k tomu obdržíme pro výměru výraz:

$$2P = z_1 (v_1 + v_2) + z_2 (v_3 + v_4) + z_3 \,.\, v_5 + z_4 \,.\, v_6.$$

Jsou-li změřeny též oměrné (obvodové) míry, lze výměru mnohoúhelníka vypočísti podle Heronova vzorce.

Výpočet výměr ze souřadnic (obr. 58). Jsou dány souřadnice vrcholů obrazce *12341* v pravoúhlé soustavě souřadnicové a vypočísti je jeho výměru. — Výměra čtyrúhelníka se rovná součtu ploch lichoběžníků omezených osou X, stranami čtyrúhelníka a pořadnicemi y. Zachovávajíce směr chodu ručiček hodinových po obvodu obrazce, bude jeho výměra se zřetelem ke znaménkům dána výrazem:

$$P = -11'2'2 - 22'3'3 + 344'3' + 411'4'$$

a po dosazení souřadnic se uplatní znaménko plus a minus přímo, takže

$$\begin{aligned} 2P = {} & (x_2 - x_1)(y_2 + y_1) + (x_3 - x_2)(y_3 + y_2) + \\ & + (x_4 - x_3)(y_4 + y_3) + (x_1 - x_4)(y_1 + y_4) \end{aligned} \tag{1}$$

a pro n vrcholů lze psát obecný vzorec

$$2P = [(x_{n+1} - x_n)(y_{n+1} + y_n)], \tag{2}$$

nebo

$$2P = [\Delta x_n (y_{n+1} + y_n)]. \tag{2'}$$

Vynásobíme-li členy v rovnici (1) a součiny seřadíme jednou podle x a po druhé podle y, obdržíme:

$$\begin{aligned} 2P = {} & x_2y_2 - x_1y_2 + x_2y_1 - x_1y_1 \\ & + x_3y_3 - x_2y_3 + x_3y_2 - x_2y_2 \\ & + x_4y_4 - x_3y_4 + x_4y_3 - x_3y_3 \\ & + x_1y_1 - x_4y_1 + x_1y_4 - x_4y_4 = {} & + x_1(y_4 - y_2) + \\ & & + x_2(y_1 - y_3) + \\ & & + x_3(y_2 - y_4) + \\ & & + x_4(y_3 - y_1) \end{aligned}$$

nebo obecně

$$2P = [x_n(y_{n+1} - y_{n-1})] = [\Delta y_n \,.\, x_n] \tag{3}$$

a po uspořádání podle y

$$\begin{aligned} 2P = {} & y_1(x_2 - x_4) + y_2(x_3 - x_1) + y_3(x_4 - x_2) + \\ & + y_4(x_1 - x_3) \end{aligned}$$

čili obecně

$$2P = [y_n (x_{n-1} - x_{n+1})] = [\Delta x_n \cdot y_n]. \tag{4}$$

Obdobně, jak se obdrží rovnice (1), odvodí se podobná rovnice utvořením lichoběžníků vzhledem k ose Y. Nejvýhodnější a nejužívanější rovnice pro výpočet výměr je rovnice (3) a (4).

Rovnici (3) lze vyjádřiti slovně: Úsečku každého vrcholu vynásobíme rozdílem pořadnic obou sousedních vrcholů. Rozdíl utvoříme tak, že od pořadnice následujícího bodu se odečte pořadnice předcházejícího bodu. Znaménko se uplatní správně, když dodržujeme postup po obvodě obrazce ve smyslu číslování hodin.

Rovnici (4) vyjádříme: Pořadnici každého bodu vynásobíme rozdílem úseček obou sousedních bodů. Rozdíl utvoříme tak, že od úsečky bodu předcházejícího odečteme úsečku následujícího bodu.

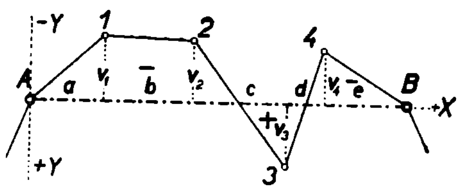
Sloučíce kladné i záporné součty součinů obdržíme dvojnásobnou výměru obrazce. Rozdíly souřadnic jsou vždy malá čísla, kdežto úsečky i pořadnice bývají velká čísla. Pro počítání s malými čísly se zmenší souřadnice o určitou celou hodnotu tak, aby zbytky souřadnic byly malá čísla. Souřadnice bodů jsou uvedeny na dvě desetinná místa metru a výměra se pak vypočte na čtyři desetinná místa, která se teprve po sečtení a stanovení jednoduché výměry zaokrouhlí na celé metry.

V praxi se užívají k výpočtu výměr rovnice (3) a (4) a jedna je kontrolou druhé. Výsledky obou se musí shodovat, neboť výpočet se koná po záměně z těchže čísel. K počítání lze užít různých tabulek násobkových, ale nejvýhodnější je počítací stroj, na němž lze výpočet provésti různými způsoby.

Výrazů (3) a (4) se užívá též k výpočtu výměr pozemků nebo jejich částí, jež byly zaměřeny k měřické přímce úsečkami a pořadnicemi. Je-li pozemek nepravidelného tvaru zaměřen ke stranám základního obrazce, rozloží se plošný výpočet na výpočet výměry základního obrazce a výměr přírůstků nebo úbytků. Přírůstkem nebo úbytkem je plocha obsažená mezi stranou základního obrazce a obvodem pozemku.

Případ 1 (obr. 59). Na spojnici AB byla zaměřena část plochy pozemku $A1234B$. Jde o výpočet výměry, kterou je nutno k výměře základního obrazce připočíst. — Označíme-li kolmice písmenem v a úseky mezi kolmicemi a, b, c, d a e, možno výměru přírůstku vypočísti z trojúhelníků a lichoběžníků. K výpočtu se užije výraz

$$2P = a \cdot v_1 + b\,(v_1 + v_2) + c\,(v_2 + v_3) + d\,(v_3 + v_4) + e \cdot v_4. \tag{5}$$



Obr. 59. Přírůstky a úbytky.

Po vynásobení a uspořádání podle v obdržíme

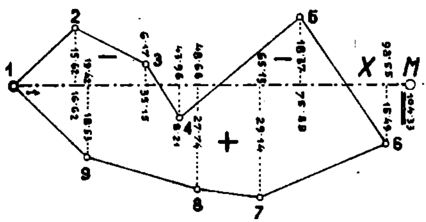
$$2P = v_1\,(a + b) + v_2\,(b + c) + v_3\,(c + d) + v_4\,(d + e). \tag{6}$$

Výsledky z obou rovnic musí být úplně stejné.

Případ 2 (obr. 59). Jsou-li při měření stopy kolmic průběžně zastaničeny, označíme spojnice AB za osu $+X$ s počátkem v bodě A a kolmice za pořadnice y_n. Výpočet výměry se provede podle rovnic (3) a (4). Poněvadž místo skutečných souřadnic považujeme za souřadnice měřené hodnoty, musíme souřadnicím přisoudit určitá znaménka. Pořadí bodů volíme buď ve směru nebo proti směru chodu ručiček hodinových, leč směr, který zvolíme musíme dodržet. Pro jednotné počítání se dodržuje zásada, že se při výpočtu postupuje ve směru číslování hodin. Úsečky x se volí kladné, postupuje-li výpočet ve směru staničení (od bodu A k B) a záporné, když by staničení bylo protisměrné (od bodu B k A).

Pořadnice se volí kladné, které jsou napravo od měřické přímky (dovnitř pozemku) a záporné, které jsou nalevo (ven z pozemku). V našem případě je v obrazci 59 staničeno od bodu A k B a při výpočtu vycházíme též od bodu A. Budou proto úsečky x vesměs kladné a pořadnice y_1, y_2 a y_4 záporné, y_3 kladná.

Předpis bodů a výpočet výměry bude ukázán na dalším případě.



Obr. 60. Číselné zaměření pozemku pro výpočet výměry.

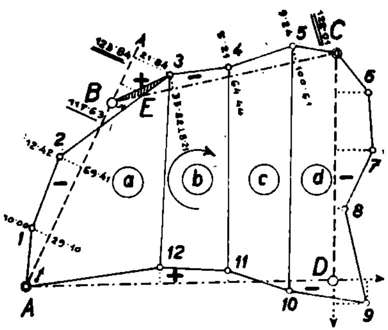
Výpočet výměry pozemku (obr. 60). Na záměrnou přímku byly zaměřeny lomové body pozemku *1234567891*. Úkolem je vypočísti jeho výměru z měřených délek. Měřickou přímku $\overline{1M}$ považujeme za osu $+X$ s počátkem v bodě A, od něhož postupuje staničení. Pořadnice nalevo ve směru staničení označíme záporně a pořadnice napravo od staničení kladně. Výpočet se nejsnáze provede ve výpočetním zápisníku.

Vysvětlení k výpočtu. Do 1. sloupce se zapíší čísla lomových bodů pozemku. Prvé dva body se na konci opakují pro pohodlnější výpočet souřadnicových rozdílů. Ve sloupci 2 a 3 se zapíší souřadnice bodů i se znaménkem. Pro nedostatek místa jsou v zápisníku uvedeny souřadnice na jedno místo zaokrouhlené. Ve sloupci 4 a 5 jsou souřadnicové rozdíly zapsané do podsloupců podle znamének. Podsloupcové součty musí dávat nulu. Součiny se zapisují podle znamének do sloupce 6 a 7 a součet ve sloupci 6 musí se rovnat součtu ve sloupci 7. Koncová výměra se zaokrouhluje na celé metry.

Výpočet výměry pozemku ze souřadnic (obr. 58).

Označení bodu	Souřadnice				$\Delta y_n =$ $y_{n+1} - y_{n-1}$		$\Delta x_n =$ $x_{n-1} - x_{n+1}$		$y_n \cdot \Delta x_n$		$x_n \cdot \Delta y_n$	
	y_n		x_n									
	±		±		+	—	+	—	+	—	+	—
1	2		3		4		5		6		7	
1		0,0		0,0								
2	—	15,6	+	16,6		6,2		35,2	549,12			102,92
3	—	6,2	+	35,2	23,8			27,4	169,88		837,76	
4	+	8,2	+	44,0		12,2		40,7		333,74		536,80
5	—	18,4	+	75,9	7,3			54,6	1004,64		554,07	
6	+	15,5	+	98,6	47,5		10,8		167,40		4683,50	
7	+	29,1	+	65,1	12,2		49,9		1452,09		794,22	
8	+	27,7	+	48,7		10,6	45,7		1265,89			516,22
9	+	18,5	+	19,4		27,7	48,7		900,95			537,38
1		0,0		0,0		34,1	2,8					
2	—	15,6	+	16,6								
				$\Sigma =$	90,8	90,8	157,9	157,9	5509,97	333,74	6869,55	1693,32
					$\underbrace{\quad\quad}_{0}$		$2P$	=	5176,23		5176,23	
							P	=	2588,12	≐ 25 a	88 m²	

Naznačeným způsobem se postupuje jak při výpočtu výměry základního obrazce, tak při výpočtu přírůstků a úbytků. Do sloupce 1 se zapíší ve skutečnosti jen čísla označených bodů. Nejsou-li body označeny, není třeba je označovati ani v 1. sloupci. Musí však být označeny body, mezi nimiž se přírůstek nebo úbytek počítá. Při předpisování souřadnic je třeba jen dbáti toho, aby po zvolení počátečního bodu na obvodu obrazce byl dodržen směr číslování hodin až se dojde ke koncovému bodu.



Obr. 61. Zaměření pro číselný výpočet výměry souboru pozemků.

Výpočet výměry skupiny (souboru) pozemků (obr. 61). Jsou dány souřadnice bodů A, B, C a D, na jejichž spojnice byl zaměřen obvod skupiny pozemků a, b, c, d. U bodů B a D bylo nutno měřické přímky prodloužit, aby bylo možno zaměřit lomové body *3* a *9* k oběma měřickým přímkám, bodem B a D jdoucím. Úlohou je vypočísti výměru souboru i jednotlivých pozemků.

Výpočet se rozdělí na dvě části. V první části se vypočte výměra základního obrazce $ABCDA$ z daných souřadnic a v druhé se provede výpočet přírůstků a úbytků. Při předpisování souřadnic bodů přírůstků a úbytků se musí dbát trojúhelníků v rozích skupiny, aby část, která nepatří do skupiny a je zahrnuta ve výměře jednoho přírůstku byla odečtena od výměry druhého přírůstku. Pro přehled se takové plošky v obrazci vyčárkují. Předpis souřadnic bodů v zápisníku bude:

u základního obrazce: *ABCDAB* s výměrou P',
u přírůstku podél strany *AB*: *A123BA1* s výměrou p_1,
u přírůstku podél strany *BC*: *B345CB3* s výměrou p_2,
u přírůstku podél strany *CD*: *C6789DC6* s výměrou p_3,
u přírůstku podél strany *DA*: *D 9 10 11 12 A D 9* s výměrou p_4.

Malý trojúhelníček vyčárkovaný ve vrcholu *B* nepatří do skupiny, je však při výpočtu přírůstku podél strany *AB* od výměry odečten a při výpočtu výměry přírůstku podél strany *BC* opět připočten a tím se jeho výměra vzhledem k celku ruší.

Výměra celé skupiny *P* se rovná

$$P = P' + p_1 + p_2 + p_3 + p_4.$$

Při výpočtu výměr přírůstků a úbytků jsou znaménka kolmic napravo od měřické přímky (do skupiny) kladná a nalevo záporná. Výměry vyjdou s opačným znamením.

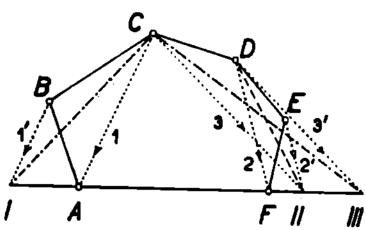
Pro výpočet výměry je nutno lomové body u vrcholů základního obrazce zaměřovati na obě měřické přímky vrcholem jdoucí. Komu dělá potíž určovati, která část ve vrcholech základního obrazce patří do skupiny a která nikoli, vyhne se tomu tím, že při měření si stanoví průsečík měřické přímky s hranicí pozemku nebo souboru a zaměří jej. Označíme-li průsečík hranice s měřickou přímkou u vrcholu *B* písmenem *E*, který lze v mnohých případech též odměřit na mapě (v měřítku mapy), bude předpis bodů pro výpočet výměr:

podél strany *AB*: *A12EBA1* a
podél strany *BC*: *BE345CBE*.

Pořadnice bodu *E* na straně *BC* je rovna nule.

Výměry pozemků ve skupině se vypočtou obvyklými způsoby počtářskými (graficky, planimetricky a z polních měr) jako výměry parcel na mapě nebo na plánu a jejich výměry se vyrovnají na výměru skupiny. Jsou-li ve skupině pozemky tvaru obr. 52 až 57, vypočte se výměra každého pozemku z polních měr. Vlivem nevyhnutelných chyb při měření nebude se součet výměr pozemků rovnat výměře skupiny. Rozdíl však musí být malý a nesmí překročit přípustné odchylky, jež jsou měřickými návody stanoveny. Odchylka se rozdělí úměrně výměrám pozemků.

6,2. Výpočet výměr parcel na mapě nebo na plánu. Geometrické zobrazení na mapě nebo na plánu se jmenuje parcela. Výměry parcel se mohou počítat úplně stejně jako výměry pozemků s tím rozdílem, že se potřebné délky v měřítku zmenšení na mapě odměří. Parcelu je možno tužkou rozděliti na řadu trojúhelníků, lichoběžníků, základní obrazce, přírůstky a úbytky. U nepravidelných parcel je to práce zdlouhavá a nákladná a proto se užívá různých pomůcek a přístrojů k určování ploch.

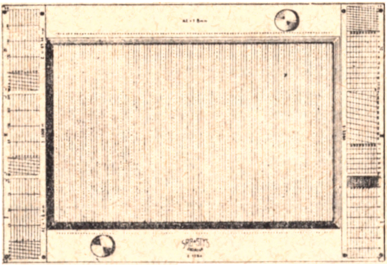


Obr. 62. Proměna obrazce.

Proměňování mnohoúhelníka (obr. 62). Proměňování mnohoúhelníků na trojúhelníky nebo čtyrúhelníky se provádí na základě poučky, že trojúhelník nemění svoji výměru, když se nemění základna a výška. — V našem případě je úkolem proměniti šestiúhelník $ABCDEFA$ na trojúhelník o stejné ploše. Proměňování lze provést počínaje od jednoho bodu postupně k dalším nebo z obou stran současně tak, abychom obdrželi výslední obrazec vhodného tvaru. — Spojme bod C s bodem A a veďme bodem B rovnoběžku až protne prodlouženou stranu AF v bodě I. Spojnice IC je náhradní stranou a ze šestiúhelníka byl získán stejnoplochý pětiúhelník $ICDEFI$.

Je zřejmo, že plocha $\triangle ABC$ je rovná ploše $\triangle AIC$. Podobně spojme bod D s bodem F a veďme rovnoběžku bodem E až protne prodlouženou základnu v bodě II. Tak získáme již stejnoplochý čtyrúhelník $I\,C\,D\,II\,I$. Spojme dále bod C s bodem II a bodem D veďme rovnoběžku až protne základnu v bodě III. Tím se obdrží stejnoplochý trojúhelník $I\,C\,III\,I$. Pro výpočet výměry se odměří délka $I\,III$ a výška trojúhelníka.

Obdobně se postupuje při proměně jiných obrazců.

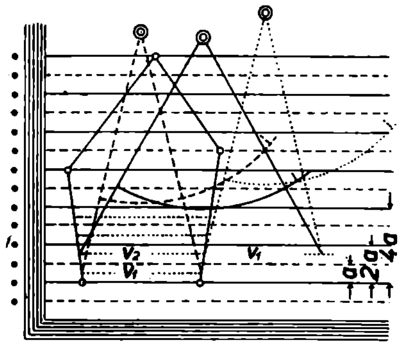


Obr. 63. Alderův planimetr nitkový.

Výpočet výměr parcel z měr polních a odměřených na mapě. Někdy je výhodné a také nutné vypočísti výměru parcely z měr polních i odměřených na mapě. Důležité je při tom znáti, které délky je lépe odměřovati na mapě a které měřiti v poli, aby výměra parcely byla zatížena nejmenší chybou. Početně se dá dokázati, že kratší délky je nutno měřiti v poli a delší rozměry odměřovati na mapě. Tím se docílí toho, že rozdíl mezi výměrou parcely a výměrou pozemku je v přípustných mezích. To je důležité zvláště při výpočtu výměr řemenových parcel.

6,3. Planimetrování. Planimetrů se hojně užívá při počítání i ke kontrole výměr parcel a různých obrazců. Jsou založeny na grafické integraci nebo na geometrické proměně parcel. V pozemkovém katastru se u nás užívá téměř výhradně nitkový planimetr Alderův a částečné pojízdný planimetr Corradiho. V inženýrské praxi je užíván polární planimetr, jichž je několik druhů. Pro nedostatek místa budou v dalším uvedeny dva druhy planimetrů.

Nitkový planimetr Alderův (obr. 63). Na spodní straně kovového rámu jsou napjaty žíně ve stejné vzdálenosti od sebe. Žíně se volí barvy černé, bílé, žluté a červené a v tomto pořadí se střídají po délce rámu. Různobarevnost žíní však unavuje oči a proto se dává přednost jen bílým a černým žíním, jež střídavě za sebou následují. Na rámu jsou vyryta příčná



Obr. 64. Planimetrování nitkovým planimetrem.

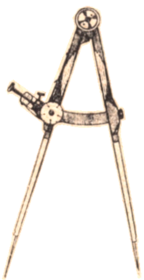
měřítka plošná, odpovídající jednoduché, dvojnásobné a čtyrnásobné vzdálenosti žíní od sebe. V dalším budeme uvažovati jen planimetr s bílými a černými žíněmi.

Žíněmi se rozdělí plocha obrazce na úzké proužky lichoběžníkového tvaru. Při křivočarém omezení obrazce se křivost buď vyrovnává na rovné čáry nebo se v mnohých případech zanedbává. V každém lichoběžníku se měří střední délka, jak ukazuje obr. 64. Plocha každého proužku se rovná $p_n = a \cdot v_n$, kde a je vzdálenost žíní. Sečtením všech délek v

v mezích obrazce a vynásobením součtu vzdáleností žíní a, obdrží se výměra obrazce

$$P = [p] = a \,.\, [v].$$

V každém měřítku zmenšení znamená vzdálenost žíní jinou šířku. Obyčejně se volí a = 1,8 mm u starších nebo 2,0 mm u novějších planimetrů. V měřítku 1 : 1000 představuje a = 1,8 mm šířku 1,8 m a v měřítku 1 : 2880 šířku 5,184 m.



Obr. 65. Součtové kružítko.

K sečítání délek proužků se užívá sčítacího kružítka (obr. 65), které se dá otevříti jen do určitého rozvoru, odpovídajícího určité výměře v měřítku zmenšení.

Pro měřítko 1 : 1000 a vzdálenost žíní a = = 1,8 mm představuje plný rozvor kružítka v délce 69,444 mm (od hrotu k hrotu) výměru 125 m², za týchž okolností pro $2a$ výměru 250 m² a pro $4a$ výměru 500 m². Pro měřítko 1 : 2880 a vzdálenost žíní a = 1,8 mm odpovídá výměře 1000 m² = 10 arů délka proužku a rozvor kružítka 66,9796 milimetrů.

Se zřetelem k tomu lze snadno sestrojiti pro každý planimetr příčné měřítko plošné. Obyčejně je rám planimetru opatřen třemi příčnými měřítky plošnými, z nichž jedno odpovídá vzdálenosti dvou sousedních nití (bílé a černé), druhé odpovídá vzdálenosti ob jednu nit (mezi dvěma černými nebo dvěma bílými) a třetí vzdálenosti čtyrnásobné (mezi pěti žíněmi, kdy se planimetruje ob jednu černou nebo ob jednu bílou žíni). Na některých planimetrech jsou vyryta příčná měřítka pro dvě měřítka zmenšení.

Má-li se užít planimetru k zjištění výměry obrazce zobrazeného v jiném měřítku zmenšení než udává příčné měřítko na planimetru, vyhotoví se příslušné příčné měřítko plošné na papíru nebo se výměra převede do jiného měřítka. Není-li na planimetru udána vzdálenost žíní a má se sestrojiti příčné měřítko v určitém poměru zmenšení, stanoví se vzdálenost žíní tím, že se změří větší počet mezer najednou, ku př. padesáti a délku odečtenou v milimetrech dělíme padesáti. Tím obdržíme průměrnou šířku jedné mezery mezi žíněmi. Vzdálenost lze měřiti též přímo v daném měřítku zmenšení.

Při převádění výměry z měřítka do měřítka se užije úměry. Ku př. při převádění výměry zjištěné v měřítku 1 : 1000 do měřítka 1 : 2880 platí

$$P_{1000} : P_{2880} = 1000^2 : 2880^2.$$

Tento případ nastane, když se planimetruje parcela zobrazená v měřítku 1 : 2880 planimetrem s vyrytým příčným měřítkem 1 : 1000, na němž byla výměra P_{1000} odečtena.

Postup při planimetrování ukazuje obr. 64. Za předpokladu, že se bude planimetrovat uprostřed žíní, odměří se součtovým kružítkem délka v_1. Nato se kružítko přenese do osy druhého proužku tak, aby přední hrot kružítka byl na počátečním bodu délky v_2. Zadní hrot se opře v ose a přední hrot se posune na konec délky v_2. Tím jsme kružítkem sečtli délky $v_1 + v_2$. Kružítko se opět přenese do osy třetího proužku tak, aby přední hrot dopadl na začátek délky v_3 a zadní hrot se zapíchne. Přední hrot se nato posune na konec délky v_3, atd. Nestačí-li rozvor kružítka, otočí se kružítko kolem předního hrotu a zbytek délky se doměří kružítkem. Tím jsme obdrželi jedno kružítko a část obsaženou mezi hroty kružítka. Tak se postupuje dále, při čemž se počítají plně rozevřená kružítka a na konec se odečte zbytek na příčném měřítku plošném. Počet celých rozevření kružítka se násobí výměrou příslušející plnému rozvoru kružítka a k výsledku připočteme zbytek, odečtený na měřítku. Tak se obdrží výměra celého obrazce.

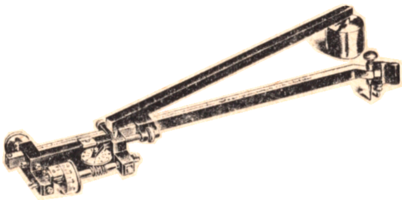
Výměra každého obrazce se planimetruje dvakráte a to vždy v různých polohách planimetru, nejlépe k sobě kolmých. Při kladení planimetru se dbá toho, aby bílá nebo černá žíně se kryla s některou hranicí parcely nebo aby procházely vrcholy obrazce, při čemž se dbá, aby nevznikaly plošky, které by bylo těžko planimetrem určovat.

Parcely s nepravidelným obvodem se planimetrují tak, že se sečítají délky proužků o šířce a. U parcel s pravidelným obvodem a menšího rozsahu se užije proužků mezi žíněmi o vzdálenosti $2a$ (planimetruje se jen podle černých nebo jen podle bílých žíní). Velké parcely se planimetrují mezi žíněmi o vzdálenosti $4a$ (ob jednu bílou neb ob jednu černou žíni).

Práce s nitkovým planimetrem sice unavuje, ale planimetr poskytuje ze všech ostatních nejuspokojivější výsledky.

Polárný planimetr (obr. 66). Polárné planimetry se vyrábějí v různých úpravách a jsou důležitými pomůckami v inženýrské praxi. Dají se jimi rychle a pohodlně zjišťovati výměry různých obrazců, příčných profilů, strojnických diagramů, výměr lesních porostů a pod.

Obr. 67 podává schematické znázornění polárného planimetru se dvěma rameny, pólovým PO a pojízdným OH.



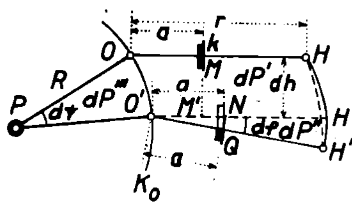
Obr. 66. Polárný planimetr.

Pólové rameno se otáčí kolem pólu P, který musí být pevný a je dán buď ostrým hrotem nebo kloubem zapadajícím do ložiska v těžkém závaží kruhového nebo obdélníkového tvaru. K pojízdnému rameni OH jsou připevněna ložiska točné osy kolečka k. V našem případě je osa kolečka totožná s osou ramene OH, jinak je k ní rovnoběžná. Okrajový zaoblený břit kolečka k spočívá při planimetrování na papíru. S kolečkem je spojen dělený bubínek se stodílnou stupnicí, proti níž je umístěn vernier. S osou kolečka je prostřednictvím nekonečného šroubu spojeno počitadlo otáček. Při pohybování pojízdného ramene OH se kolečko otáčí a dráha jím ujetá se odečte na počitadle (celé otáčky) a na bubínku podle vernieru (část otáčky). Odčítání se dá provádět na tisícinu otáčky přesně a tato tisícina je měrnou jednotkou pro vyjadřování projeté dráhy.

Kolečko k může být upevněno nad i pod pojízdným ramenem nebo po straně, před i za bodem O. Podmínkou správného planimetru je, aby osa kolečka byla rovnoběžná s osou ramene OH.

Označíme-li délku pojízdného ramene $OH = r$, délku pólového ramene $PO = R$, vzdálenost zaobleného břitu kolečka od bodu O písmenem a a poloměr měřicího kolečka k písmenem ϱ, lze stanoviti základní vzorce pro výpočet výměr polárným planimetrem.

Planimetr se klade na mapu nebo na plán tak, aby pól byl vždy pevný. Objíždíme-li hrotem H po hranici parcely, opíše hrot při nepatrném pohybu malou dráhu z polohy H do H''. Pohyb hrotu lze pro další výpočty rozložit ve dva pohyby, které považujeme za nekonečně malé. Při prvém pohybu se otočí celý planimetr kolem pólu P tak, že bod O přejde do polohy O' a pólové rameno se otočí o malý úhel $d\psi$, kdežto pojízdné rameno je k své původní poloze rovnoběžné a hrot přejde do polohy H'. Druhý pohyb koná jen pojízdné rameno, které se otočí o úhel $d\varphi$ kolem bodu O' do polohy $O'H''$.



Obr. 67. Planimetrování polárným planimetrem.

Během celkového pohybu proběhne měřicí kolečko k dráhu dU, která se vyšetří jako součet drah při obou pohybech. Při prvém pohybu přejde kolečko z bodu M do bodu M'. Na kolečku se odvine dráha odpovídající ploše proužku dP' o šířce dh. Z bodu M' do N se kolečko nemůže otáčet, neboť pohyb se děje v ose kolečka a toto po papíru klouže. Tím se odvinutá dráha v tomto směru rovná nule. Z bodu N do Q se kolečko k otočí o dráhu $a \,.\, d\varphi$. Celková odvinutá dráha kolečka k se rovná součtu drah jednotlivých

$$dU = dh + a \,.\, d\varphi$$

a z toho

$$dh = dU - a \,.\, d\varphi. \qquad (1)$$

Výměra malého obrazce $POHH'H''O'P \doteq POHH''O'P =$ $= \mathrm{d}P$ se dá rozložit ve tři části

$$\mathrm{d}P = \mathrm{d}P' + \mathrm{d}P'' + \mathrm{d}P''' = r \,.\, \mathrm{d}h + \tfrac{1}{2}r^2 \,.\, \mathrm{d}\varphi + \tfrac{1}{2}R^2 \,.\, \mathrm{d}\psi. \quad (2)$$

Vynásobením rovnice (1) poloměrem r obdržíme

$$r \,.\, \mathrm{d}h = r \,.\, \mathrm{d}U - a \,.\, r \,.\, \mathrm{d}\varphi$$

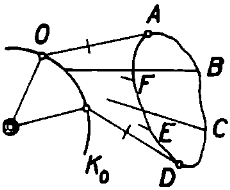
a po dosazení do rovnice (2) se změní výraz na

$$\mathrm{d}P = r \,.\, \mathrm{d}U + \tfrac{1}{2}(r^2 - 2a \,.\, r)\, \mathrm{d}\varphi + \tfrac{1}{2}R^2 \,.\, \mathrm{d}\psi.$$

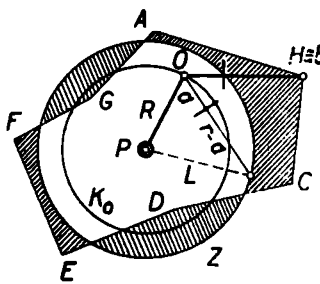
Podle integrálního počtu obdržíme

$$\int \mathrm{d}P = r \,.\, \int \mathrm{d}U + \tfrac{1}{2}(r^2 - 2a \,.\, r) \int \mathrm{d}\varphi + \tfrac{1}{2}R^2 \int \mathrm{d}\psi. \quad (3)$$

Rovnice (3) se upraví podle toho, zda pól je uvnitř nebo vně parcely.



Obr. 68. Planimetrování s pólem vně.



Obr. 69. Planimetrování s pólem uvnitř.

a) *Pól je vně parcely* (obr. 68). Při naprosto pevném pólu se hrot H vrátí při objíždění obvodu obrazce do téhož výchozího bodu — v našem případě od bodu A přes B, C atd. zpět do bodu A. Tím přejde pólové i pojízdné rameno opět do své původní polohy. Bod O se pohybuje po kružnici K_0 o poloměru R. Součet výkyvů obou ramen — pólového i pojízdného — se rovná nule a tím

$$\int \mathrm{d}\varphi = 0, \quad \int \mathrm{d}\psi = 0.$$

Po dosazení do rovnice (3) obdržíme

$$\int dP = r \,.\, \int dU \quad \text{čili} \quad P = r \,.\, U. \qquad (4)$$

U znamená odvinutou dráhu kolečka k, kterou v jednotkách vernieru odečteme. Plocha uzavřeného obrazce se pak rovná součinu z délky pojízdného ramene r a dráhy U.

b) *Pól je uvnitř parcely* (obr. 69). Při pevném pólu objíždí bod O kružnici K_0. Hrot H by opisoval kružnici Z, když by rovina břitu kolečka k procházela stále pólem P. Této kružnici se říká základní. Hrot H je v tomto případě vzdálen od pólu o délku L, jejíž velikost se rovná

$$L^2 = R^2 - a^2 + (r - a)^2 = R^2 + r^2 - 2a \,.\, r. \qquad (5)$$

Při objíždění hrotu H po obvodě parcely od bodu A počínaje přes $B, C, \ldots, F$ a u něho opět konče, dosáhne celkový výkyv obou ramen úhrnné hodnoty 360° čili 2π. Pak

$$\int d\varphi = 2\pi \quad \text{a} \quad \int d\psi = 2\pi.$$

Po dosazení do výrazu (3) a po integraci obdržíme

$$P = r \,.\, U + (R^2 + r^2 - 2a \,.\, r) \,.\, \pi. \qquad (6)$$

Poněvadž $R^2 + r^2 - 2a \,.\, r = L^2$, přejde poslední výraz na tvar

$$P = r \,.\, U + \pi L^2 = r \,.\, U + C. \qquad (7)$$

Při planimetrování parcely s pólem uvnitř je nutno k výměře udané planimetrem připočísti ještě výměru C základního kruhu omezeného kružnicí Z.

Se zřetelem k menší přesnosti výsledků při planimetrování s pólem uvnitř, užívá se planimetrování s pólem vně. Kvůli tomu se větší parcely rozdělí na řadu menších a každá se planimetruje samostatně. Celková výměra se rovná součtu výměr jednotlivých částí.

Plné otáčky kolečka se odečtou na počitadle. Dráha U se dá vyjádřiti v tisícinách otáčky kolečka. Obvod kolečka o poloměru ϱ odpovídá jedné otáčce a dráha jedné otáčky je $2\pi\varrho$. Jedné tisícině odpovídá $\frac{2\pi\varrho}{1000}$ a celá dráha U se rovná n tisícinám otáčky

$$U = n\,\frac{2\pi\varrho}{1000}. \tag{8}$$

Po dosazení do výrazu (4) obdržíme po úpravě

$$P = r\,.\,U = n\,.\,\frac{2\pi\,.\,\varrho\,.\,r}{1000} = n\,.\,\pi_0, \tag{9}$$

kde π_0 je hodnota zlomku a vyjadřuje plošku odpovídající jedné tisícině otáčky měřicího kolečka čili jedné jednici vernieru. Tento výpočet však platí pro poměr 1 : 1. V měřítku 1 : M je zobrazená plocha M^2 větší a tím

$$P = n\,.\,\pi_0\,.\,M^2. \tag{10}$$

Položíme-li

$$\pi_0\,.\,M^2 = \frac{2\pi\,.\,\varrho\,.\,r\,.\,M^2}{1000} = p_0, \tag{11}$$

obdržíme výraz

$$P = n\,.\,p_0. \tag{12}$$

U mnohých planimetrů se dá délka pojízdného ramene měnit prodlužováním nebo zkracováním podle značek vyrytých na rameni. Tím se dosáhne toho, že r vyhovuje určité jednotce plošné p_0 ve zvoleném měřítku zmenšení. Plošná jednotka je volena vždy zaokrouhleně na 2, 10, 50 m^2 atd. Délky r při průběžném dělení pojízdného ramene a jim příslušející plošky π_0 a p_0 pro vernierovou jednici sděluje továrna na tabulce přiložené k planimetru. Takový planimetr se dá užít pro různá měřítka zmenšení. Nedá-li se délka ramene měnit, planimetruje se v měřítku, pro které je planimetr vyhotoven a získaná výměra se převede na výměru v měřítku zobrazení.

Jednoduchý planimetr polárný má vadu, že osa kolečka nebývá přesně rovnoběžná s osou ramene pojízdného a tím povstávají chyby jednostranně působící, neboť u jednoduchého planimetru nelze přejít pojízdným ramenem na druhou stranu pólového ramene. Tomuto nedostatku čelí kompensační planimetr polárný, který umožňuje přecházení pojízdného ramene s jedné strany pólového ramene na druhou. Tak lze planimetrovati jednou s pojízdným ramenem vpravo a po druhé vlevo od pólového ramene. Z obou výsledků se užije aritmetický průměr za nejpravděpodobnější hodnotu, v níž je vliv šikmosti obou os vyloučen.

Užití polárného planimetru při určování obsahů. Nejdříve se přesvědčíme, zda lze určit obsah celého obrazce najednou nebo po částech, aby pól byl vně. Nato se zkusmo objede obvod parcely nebo její části, zda kolečko nevyběhne přes okraj papíru nebo desky. Zvolí se bod na obvodu obrazce za počátek a tam se nasadí hrot pojízdného ramene. Kolečko se nadzvedne a otáčí se jím až se čte nula nebo údaj blízký nule a tento údaj se zapíše. Nato se hrotem objede celý obvod obrazce až hrot přijde zpět do počátku. Odečte se údaj na bubínku a na vernieru. Pro kontrolu se opíše obvod obrazce ještě jednou. Označíme-li první údaj n_1, druhý n_2 a třetí n_3, tu musí platit

$$(n_2 - n_1) \cdot p_0 = (n_3 - n_2) \cdot p_0.$$

Vlivem nevyhnutelných chyb nebudou oba výrazy stejné. Je-li rozdíl značný, provede se další výpočet. Z výsledků, jež jsou v přípustných mezích, se užije aritmetický průměr.

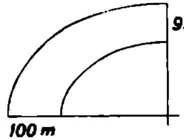
Při kompensačním planimetru se objíždí obvod jednou ve směru číslování hodin, po druhé proti směru. Oba výsledky musí být v přípustných mezích a rozdíl mezi oběma je měřítkem přesnosti pracovního postupu.

Podle katastrálních předpisů se zjišťuje výměra dvakrát, při čemž planimetr musí být vzhledem k obrazci vždy v jiné poloze. K získání lepších výsledků se na dobu objíždění hrotem po obvodě zatají dech, aby dýchání neovlivňovalo tolik otřesy ruky. — Popisy mnohých planimetrů, určování a odstraňování chyb u polárných planimetrů a jejich užití jsou uvedeny v odborné literatuře.

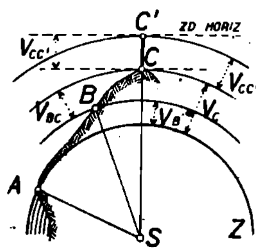
7. MĚŘENÍ VÝŠEK

Základní pojmy. Prostorová poloha bodů daných rovinnými souřadnicemi není určena, dokud není známa jejich výška nad určitou promítací nebo zobrazovací plochou. K určení výšky bodů nad určitou srovnávací rovinou nebo plochou se musí vykonat samostatné výškové měření.

Výšky se určují buď vzhledem k určité ploše jdoucí libovolným bodem zemského povrchu nebo jsou vztaženy k základní ploše, kterou tvoří klidná hladina mořská v určitém pozorovacím místě a prodloužená pod zemský povrch. Základní plocha je zvána nulovou plochou a je volena v jednotlivých státech různě. Nejčastěji to bývá střední hladina nejbližšího moře, stanovená dlouhodobým pozorováním vodního stavu. Výška vody se zaznamenává zvláštními přístroji mareografy nebo se odčítá na medimaremetrech.



Obr. 70. Sbíhavost hladinových ploch na elipsoidu.



Obr. 71. Zdánlivý a skutečný horizont.

Klidná hladina vodní je plochou odpovídající působení tíže a je kolmá k tížnicím na všech bodech zemského povrchu. Je to nepravidelná plocha blížící se elipsoidické nebo sféroidické ploše. Myšlené hladinové plochy, procházející různými body zemského povrchu, nejsou spolu rovnoběžné, nýbrž se sbíhají k pólu, jak ukazuje obr. 70. Hladinová plocha, procházející základním bodem střední hladiny mořské, se nazývá geoidem.

Výškové měření rozsáhlých oblastí musí být propočteno k náhradní ploše elipsoidické, užívané místo geoidické plochy, kdežto výškové měření malého rozsahu stačí prováděti tak, jakoby všechny hladinové plochy byly soustřednými plochami kulovými. Kulové plochy jsou skutečnými čili pravými horizonty na rozdíl od zdánlivých horizontů, které udává osa urovnané libely při otáčení kolem svislé osy (obr. 71).

Kolmá nebo svislá čili radiální vzdálenost dvou pravých horizontů je všude stejná a výškový rozdíl dvou takových ploch je nazýván poměrnou čili relativní výškou bodu. Je to výškový rozdíl o kolik je jeden bod výše nebo doleji než druhý. Svislá odlehlost bodu od základní čili nulové hladiny se nazývá absolutní čili nadmořskou výškou bodu. Vztah mezi oběma je jednoduchý. Připočtením výškového rozdílu mezi dvěma body ke známé nadmořské výšce jednoho z nich, obdrží se nadmořská výška druhého bodu.

Jsou-li dva body na téže svislici, jako je tomu u bodů C a C' v obr. 71, je jejich výškový rozdíl roven svislé odlehlosti skutečných horizontů a kolmé odlehlosti zdánlivých horizontů. Tím je možno nahraditi pravé horizonty zdánlivými u bodů, které jsou v malé vzdálenosti od sebe. Záměnou obou horizontů se zanedbává zemské zakřivení a zemský povrch se považuje za rovinný. To lze činit jen tam, kde se vyžaduje menší přesnost ve výškovém měření.

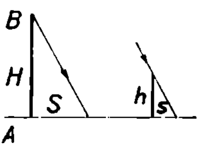
Zobrazením všech bodů určité části zemského povrchu na mapě nebo na plánu obdržíme polohový plán. Připíšeme-li ke každému bodu jeho nadmořskou výšku, obdržíme kótovaný plán. Ten je však nepřehledný a k vyznačení územních tvarů a nepravidelností zemského povrchu se doplňuje mapa nebo plán vrstevnicemi, šrafováním nebo stínováním. Z číselných měřických údajů nebo ze znázornění na mapě lze sestrojiti profily čili svislé řezy územím podél os přímých i obloukových.

Svislou odlehlost bodů stanovíme výškovým měřením, které dělíme na geometrické, barometrické čili fysikální, trigonometrické a na nivelaci.

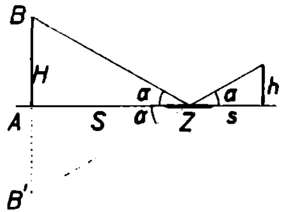
Nejméně přesné je geometrické měření, lepší je barometrické a nejpřesnější je nivelace.

7,1. Geometrické měření výšek. Tento způsob slouží k stanovení výšek svislých předmětů jako věží, stromů, továrních komínů, stožárů a pod. Je založen na geometrické poučce o podobných trojúhelnících. Poněvadž se výška počítá ze známých rozměrů malého trojúhelníka, je přesnost v určení výšky malá. K měření se užívá jednoduchých pomůcek.

Určení výšky z vrženého stínu (obr. 72). K určení výšky



Obr. 72. Určení výšky svislého předmětu z délky vrženého stínu.



Obr. 73. Určení výšky předmětu pomocí zrcadelného obrazu.

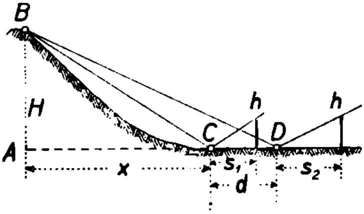
předmětu H zarazíme do země svisle výtyčku o známé délce h a změříme délky vrženého stínu předmětu S a výtyčky s. Tím jsou dány potřebné veličiny k výpočtu

$$H = h\,\frac{S}{s}.$$

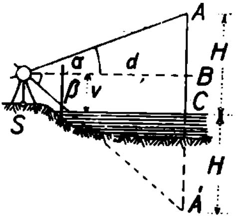
Určení výšky předmětu užitím zrcadelného obrazu (obr. 73). Na zemi se umístí a urovná zrcátko Z a pozorovatel posunuje tyč o délce h do vzdálenosti s od zrcátka tak dlouho, až přes horní okraj tyče vidí v zrcátku vrchol předmětu. Změřením délek S a s se vypočte výška H z výrazu

$$H = h\,\frac{S}{s}.$$

Určení výšky předmětu, je-li jeho pata nepřístupná (obr. 74). Jde o určení výšky kopce, jehož pata je nepřístupná a vzdálenost x nelze přímo měřit. Výkon popsaný v předcházejícím odstavci se opakuje dvakrát. Nejdříve se provede měření na bodě C, pak na bodě D, při čemž body B, C a D musí být v téže svislé rovině. Změří se vzdálenosti s_1, s_2 a $d = \overline{CD}$ (vzdálenost obou zrcátek) a výpočet se provede podle vzorců



Obr. 74. Určení výšky předmětu s nepřístupnou patou.



Obr. 75. Určení výšky předmětu z měřených svislých úhlů.

$$H : h = x : s_1 \qquad \text{čili} \qquad H \cdot s_1 = h \cdot x$$
$$H : h = (x + d) : s_2 \qquad\qquad H \cdot s_2 = h \cdot x + h \cdot d$$
$$H\,(s_2 - s_1) = h \cdot d$$

$$H = \frac{h \cdot d}{s_2 - s_1}.$$

Určení výšky svislého předmětu z měřených úhlů (obr. 75). Jde-li o určení výšky mraku nebo vrcholu hory, jehož obraz je viděti v hladině vodní (rybníka, jezera), změří se výškový úhel α, pod kterým je vidět vrchol a hloubkový úhel β, pod kterým je vidět obraz vrcholu ve vodě. Výška stroje v nad hladinou vodní se přímo změří, nejlépe odečtením na lati při vodorovné záměře. Označíme-li výšku předmětu nad vodní hladinou H, objeví se obraz ve stejné vzdálenosti pod hladinou a tu platí:

$$d = (H - v) \cot g\, \alpha = (H + v) \cot g\, \beta,$$

odkud

$$\frac{H - v}{H + v} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}$$

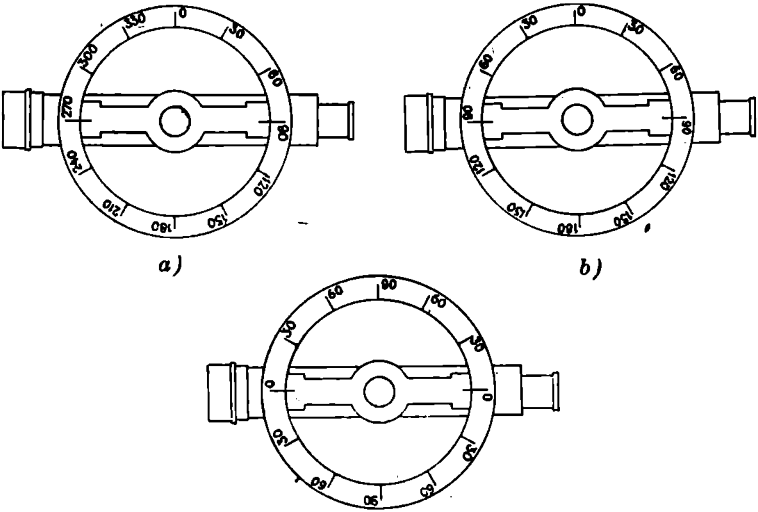
a

$$H = v\, \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \alpha} = v\, \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\beta - \alpha)}.$$

V lesnické praxi se užívá k měření výšek a tloušťky stromů v libovolné výšce jednoduchých přístrojků zvaných dendrometry nebo dřevoměry. Mnohé z nich jsou upraveny tak, že se jimi dají hrubě měřiti úhly, vytyčovati přímky atd. Dendrometrů je mnoho druhů a pojednávají o nich učebnice „Dendrometrie“. Všechny jsou založeny na podobnosti trojúhelníků a z nepatrné délky se odvozuje délka mnohonásobně větší.

7,2. Barometrické měření výšek. Barometrické čili fysikální měření výšek je založeno na měření vzdušného tlaku, který s rostoucí výškou ubývá. Měří-li se tlak vzduchu rtuťovým tlakoměrem, odpovídá tlak vzduchu v určitém pozorovacím místě váze vzduchového sloupce nad týmže místem a měří se výškou stejně těžkého rtuťového sloupce v milimetrech. S rostoucí výškou ubývá tlak i výška rtuťového sloupce. Tak ku př. při vystoupení do výše o 11 metrů, sníží se výška rtuťového sloupce asi o 1 mm. Lze tudíž v mezích této změny měřiti výšky bodů nad určitým základním bodem velmi rychle. Barometrického měření se užívá všude tam, kde jde o rychlé a méně přesné měření. K měření se užívá rtuťových tlakoměrů (barometrů) nebo ručičkových a šroubových aneroidů. Nejlepšími aneroidy lze za příznivých okolností měřiti výšky s přesností asi 1—2 metrů, v méně příznivých do 4 m. Pokud jde o popisy tlakoměrů a pracovní postup, je nutno odkázati na odbornou literaturu.

7,3. Trigonometrické měření výšek. Tento způsob je mnohem přesnější a užívá se k určování výšek svislých předmětů i výškových rozdílů mezi libovolnými body. Měřický způsob je založen na řešení pravoúhlého trojúhelníka, jehož jednou odvěsnou je základna o známé délce a druhou odvěsnou je buď celá výška svislého předmětu nebo její část. Na koncovém bodu základny se změří výškové (hloubkové) úhly nebo zenitové vzdálenosti a tím je trojúhelník řešitelný. Měření svislých úhlů se koná stroji s výškovým kruhem nebo na průzkumných cestách se užívají zvláštní stroje bez vodorovného kruhu a upravené jen k měření svislých úhlů. Jmenují se hypsometry.



a) b) c)

Obr. 76. Dělení a číslování svislých kruhů.

Měření svislých úhlů (obr. 76a, b, c). Výškové kruhy úhloměrných strojů mohou být různě číslovány. Dnes se užívají hojně stroje s průběžným číslováním kruhu od 0° do 360° (0^g do 400^g) nebo stroje s číslováním od 0° do 180°, jdoucím od společné nuly v nejvyšším místě kruhu, nebo jsou na horizontále kruhu dvě nuly a číslování jde nahoru i dolů do 90° oběma směry děleného kruhu. Nula je v nejvyšším místě kruhu nebo na horizontále tehdy, je-li dalekohled urovnán přesně ve vodorovné poloze. Továrna Wild ve Švýcarsku vyrábí též stroje, u nichž je výškový kruh dělen a číslován průběžně od 0° do 180°

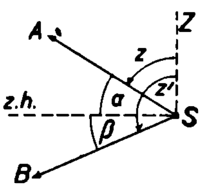
(200^g), takže při výpočtu výškového úhlu odpadá dělení dvěma. Číslování kruhu může být provedeno pravosměrně (ve směru chodu ručiček hodinových) neb levosměrně.

Svislé úhly dělíme na zenitové vzdálenosti a výškové úhly. Výškové úhly se počítají od zdánlivého horizontu od 0° do 90°. Úhly nad horizontem se označují + jako výškové úhly a pod horizontem — jako hloubkové úhly. Zenitové vzdálenosti se měří od 0° do 180° (200^g). Zenitový úhel větší než 90° (100^g) má své rameno pod zdánlivým horizontem a odpadá u něho znaménko úhlu.

Vztah mezi zenitovou vzdáleností a úhlem výšky (hloubky) je jednoduchý, neboť podle obr. 77 platí

$$z = 90° - \alpha, \qquad \alpha = 90° - z,$$
$$z' = 90° - \beta, \qquad \beta = -(90° - z'),$$

kde z a z' jsou zenitové vzdálenosti, α výškový a β hloubkový úhel.



Obr. 77. Měření svislých úhlů.

Na rozdíl od vodorovného limbu, který je při měření úhlů nehybný a s alhidádou se otáčejí odčítací pomůcky, je tomu u výškového kruhu opačně. Odčítací pomůcky jsou pevné a výškový kruh se otáčí současně s dalekohledem.

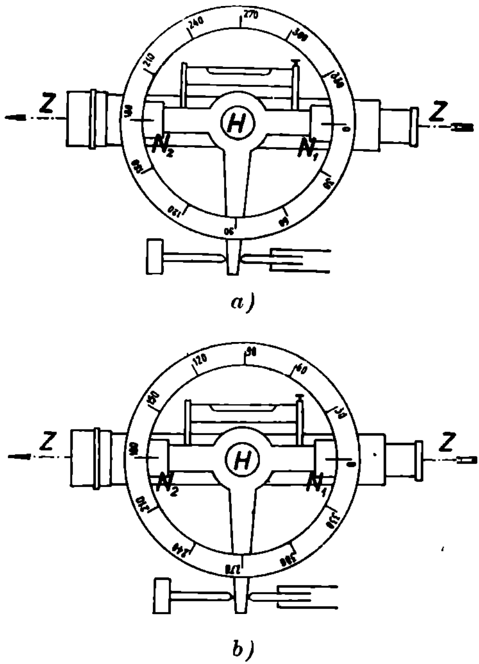
Výškový kruh je na otáčecí ose dalekohledu nasazen tak, aby u strojů k měření výškových úhlů ukazovaly nuly odčítacích pomůcek v základní poloze — v níž je dalekohled přesně vodorovně urovnán — na 0°—0° nebo 0°—180° (200^g) a u strojů k měření zenitových vzdáleností na 90°—270° (100^g—300^g).

Uvažujme stroj k měření výškových úhlů s pravosměrným číslováním, jak ukazuje obr. 78a. Průměr 0°—180° se ztotožňuje se směrem záměrné přímky Z — Z a spojnice nul odčítacích pomůcek, jdoucí středem kruhu, je vodorovná. Při vodorovné poloze dalekohledu ukazuje nula I. odčítací pomůcky 0°. Při zaměření, pod úhlem hloubky je okulár zvednut a čtení vzrůstá, takže se čtou údaje hloubkových úhlů přímo a značí se zápornými znaménky — kdežto výškové úhly se doplňují na 360°.

Není-li nula odčítací pomůcky v základní poloze přesně proti nule na limbu, má stroj indexovou chybu. Tuto chybu lze vyloučit tím, že se měří v obou polohách dalekohledu. Je-li indexová chyba příliš veliká, odstraní se přesazením kruhu nebo posunem odčítacích pomůcek. Při měření úhlů v jedné poloze dalekohledu musí být indexová chyba velmi pečlivě odstraněna.

Označíme-li čtení na I. odčítací pomůcce v prvé poloze dalekohledu — při přesně urovnaném stroji — O_1 a v druhé poloze O_2, je správná hodnota výškového (hloubkového) úhlu dána výrazem:

$$\alpha = \frac{O_2 + (180° - O_1)}{2} = 90° - \frac{O_1 - O_2}{2}$$



Obr. 78. Umístění indexové libely na indexovém rameni a číslování kruhů.

a poněvadž zenitová vzdálenost je doplňkem na 90°, platí

$$z = \frac{O_1 + (360° - O_2)}{2} = \frac{O_1 - O_2}{2},$$

a velikost indexové chyby je dána výrazem

$$i = \frac{540° - (O_1 + O_2)}{2} = (180° + \alpha) - O_2.$$

Kontrolou obou čtení i stroje, zda má indexovou chybu, je součet

$$O_1 + O_2 = 540°.$$

I když je indexová chyba v mezích možnosti odstraněna, bude součet obou čtení se lišit od 540° o malou hodnotu vlivem zbytků chyb. Stroj pokládáme za správně seřízený, když odchylka od 540° nepřesahuje asi 10″.

Při levosměrném číslování výškového kruhu (obr. 78b) se užijí výrazy:

$$z = \frac{O_2 - O_1}{2}, \quad \alpha = 90° - \frac{O_2 - O_1}{2}, \quad O_1 + O_2 = 180°,$$

$$i = \frac{O_1 + O_2 - 180°}{2}.$$

U strojů k měření zenitových vzdáleností se užije výrazů:

a) u pravosměrně číslovaných

$$z = \frac{O_1 + (360° - O_2)}{2} = \frac{O_1 - O_2}{2},$$

$$\alpha = \frac{O_2 - O_1}{2} - 90°, \quad i = \frac{(O_1 + O_2) - 360°}{2} = O_2 - (360° - z).$$

$$O_1 + O_2 = 360°.$$

b) u levosměrně číslovaných

$$z = \frac{O_2 - O_1}{2}, \quad \alpha = 90° - z = 90° - \frac{O_2 - O_1}{2},$$

$$i = \frac{O_1 + O_2 - 360°}{2}, \quad O_1 + O_2 = 360°.$$

Podobně se odvodí vzorce pro jiné dělení a číslování svislého kruhu.

Při přesném měření svislých úhlů musí být stroj dobře urovnán, aby vliv z neurovnání svislé otáčecí osy alhidády byl nejmenší a k vyloučení zbytků již neodstranitelných chyb se měří v obou polohách dalekohledu. U strojů opatřených indexovou libelou se vždy po zaměření na bod a před čtením úhlu urovná indexová libela. Indexová libela musí být velmi citlivá a dobře rektifikována. Umístěna je na rameni nesoucím obě odčítací pomůcky.

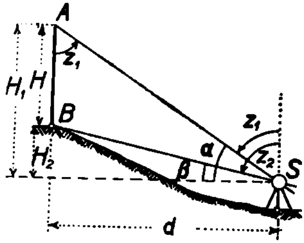
Po urovnání stroje na stanovisku se zaměří na bod, nato se indexová libela urovná a odečtou se úhlové údaje podle obou odčítacích pomůcek. Dalekohled se proloží, zaměří se znovu na bod, urovná se indexová libela a odečtou se úhlové údaje. Napřed se čte úhlový údaj podle I., pak podle II. odčítací pomůcky. Neškodí, když po urovnání indexové libely zkontrolujeme zaměření na bod.

Nemá-li stroj indexové libely, užije se při měření úhlů jedna z alhidádových libel, která se vždy otočí do směru zaměřovaného bodu. Po hrubém zaměření na bod se urovná alhidádová libela stavěcím šroubem a znovu se zaměří na bod, nyní přesně jemným šroubem svislé ustanovky. Obě odčítací pomůcky se nato odečtou. Podobně se postupuje v druhé poloze dalekohledu.

Při měření úhlů na několik bodů téhož svislého předmětu, zaměřuje se postupně na všechny body v prvé poloze dalekohledu a pak v druhé poloze. Přitom se měří zdola nahoru nebo obráceně.

Měří-li se výškové úhly na řadu bodů v různých směrech, ku př. na trigonometrické body, zaměřuje se na týž bod hned v obou polohách dalekohledu po sobě. Výškové úhly se tudíž měří v každé svislé rovině samostatně.

Jak se provádí seřizování svislého kruhu, je nutno odkázati na odbornou literaturu.



Obr. 79. Stanovení výšky svislého předmětu.

Určení výšky svislého předmětu (obr. 79). K určení výšky věže nebo pyramidy na trigonometrickém bodě se postaví úhloměrný stroj ve vhodné vzdálenosti na bodě S. Po urovnání stroje se zaměří na vrchol věže A a na její patu B v obou polohách dalekohledu. Tak se změří úhly α a β. Vzdálenost d stanoviska S od paty věže B se přímo změří.

Není-li pata věže přístupná, zvolí se pomocná základna procházející bodem S tak, aby oba body základny byly přibližně stejně vzdáleny od paty věže. V obou bodech základny se změří vodorovné úhly a délka základny. Sinovou větou se stanoví délka d.

Z obr. 79 plyne

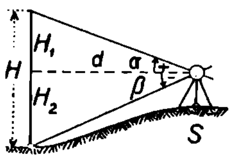
$$H = H_1 - H_2 = d\,(\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta). \qquad (1)$$

Nahrazením tangenty sinem a kosinem obdržíme po úpravě vzorec vhodný pro logaritmický výpočet

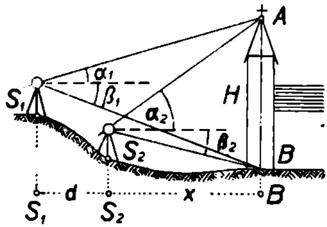
$$H = d \frac{\sin (\alpha - \beta)}{\cos \alpha \cos \beta}. \tag{2}$$

Jsou-li měřeny zenitové vzdálenosti, užije se výrazů

$$H = d (\operatorname{cotg} z_1 - \operatorname{cotg} z_2) = d \frac{\sin (z_2 - z_1)}{\sin z_1 \,.\, \sin z_2}. \tag{3}$$



Obr. 80. Jiný případ stanovení výšky předmětu.



Obr. 81. Stanovení výšky předmětu s nepřístupnou patou.

V případě, kdy je měřen jeden úhel výškový a druhý hloubkový, jak ukazuje obr. 80, užije se těchže vzorců. Do výrazu (1) nebo (2) se dosadí hloubkový úhel se záporným znaménkem.

Může se stát, že není možno zvoliti vhodnou pomocnou základnu k určení délky d, jako je tomu v úzké ulici (obr. 81). Zvolí se dvě stanoviska ve svislé rovině, procházející vrcholem věže. Stroj se postaví nejdříve v bodě S_1, kde se změří výškové úhly α_1 a β_1. Nato se vytyčí bod S_2 ve směru S_1A a stroj se přenese na tento bod. Změří se úhly α_2 a β_2, jakož i vzdálenost obou stanovisek $\overline{S_1S_2} = d$. Délku $\overline{BS_2}$ označme x.

Z hodnot měřených na stanovisku S_2 obdržíme

$$H = x \frac{\sin(\alpha_2 + \beta_2)}{\cos\alpha_2 \cos\beta_2} = x \cdot p,$$

$$\text{kde } p = \frac{\sin(\alpha_2 + \beta_2)}{\cos\alpha_2 \cos\beta_2}$$

a z hodnot měřených na stanovisku S_1

$$H = (x + d) \frac{\sin(\alpha_1 + \beta_1)}{\cos\alpha_1 \cos\beta_1} = (x + d) \cdot q,$$

$$\text{kde } q = \frac{\sin(\alpha_1 + \beta_1)}{\cos\alpha_1 \cos\beta_1}$$

čili

$$H = x \cdot p = (x + d) \cdot q = x \cdot q + d \cdot q$$

a z toho

$$x = \frac{d \cdot q}{p - q}$$

a

$$H = x \cdot p = (x + d) \cdot q = d \frac{p \cdot q}{p - q}. \tag{4}$$

Když nelze zaměřit na patu věže pro překážky, zaměří se na vhodně zvolený bod na věžní zdi, jehož výšku nad patou věže přímo změříme pásmem.

Určení výškového rozdílu mezi dvěma libovolnými body. Řešení 1 (obr. 82). Určiti je výškový rozdíl mezi body A a B, je-li v bodě A postavena tyč o známé délce h. Na stanovisku B byly změřeny svislé úhly na vrchol a na patu tyče a výška úhloměrného stroje v, čili výška vodorovné točné osy dalekohledu nad bodem B.

Z obrazce je patrno, že

$$d = H \cdot \operatorname{cotg} \alpha = (H + h) \cdot \operatorname{cotg} \beta$$

čili

$$H\,(\operatorname{cotg}\alpha - \operatorname{cotg}\beta) = h\,.\operatorname{cotg}\beta,$$

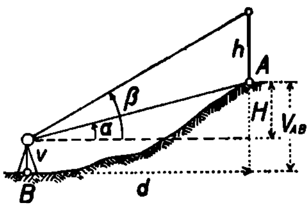
z toho

$$H = h\,\frac{\operatorname{cotg}\beta}{\operatorname{cotg}\alpha - \operatorname{cotg}\beta} = h\,\frac{\sin\alpha\cos\beta}{\sin(\beta-\alpha)}.$$

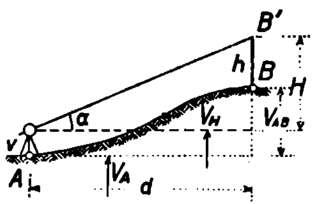
Výškový rozdíl mezi oběma body se rovná

$$V_{AB} = H + v.$$

Řešení 2 (obr. 83). Je určiti výškový rozdíl mezi body A a B, bylo-li úhloměrným strojem zaměřeno jen na vrchol



Obr. 82. Stanovení výškového rozdílu z výšky svislého předmětu.



Obr. 83. Stanovení výškového rozdílu dvou bodů.

signálu B', při čemž úhel α byl změřen v obou polohách dalekohledu. — Vodorovná vzdálenost $d = \overline{AB}$ je dána, nebo se vypočte ze souřadnic bodů A a B, případně se určí nepřímo z měřené pomocné základny. — Nad bodem B má signál výšku h.

Podle obrazce plyne:

$$V_{AB} = H + v - h, \text{ kde } H = d\,.\operatorname{tg}\alpha,$$

tudíž

$$V_{AB} = d\,.\operatorname{tg}\alpha + v - h.$$

Je-li dána nadmořská výška V_A bodu A, bude nadmořská výška bodu B

$$V_B = V_A + V_{AB} = V_A + d\,.\operatorname{tg}\alpha + v - h.$$

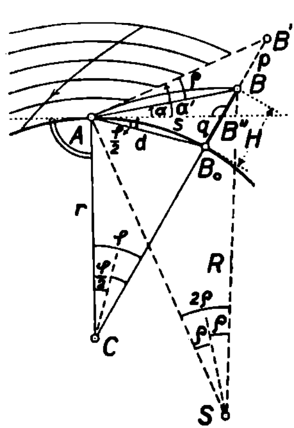
Nadmořská výška horizontu stroje je

$$V_H = V_A + v$$

a vzhledem k ní výška bodu B se rovná

$$V_B = V_H + H - h = V_H + d \,.\, \mathrm{tg}\, \alpha - h.$$

Výpočet výšek vzhledem k zemskému zakřivení a refrakci (obr. 84). V předchozích případech byla uvažována vzdálenost d krátká a tím nebylo nutno činiti rozdíl mezi skutečným a zdánlivým horizontem, rovněž dbáti dráhy světelných paprsků zemským ovzduším. Jsou-li dva body od sebe vzdáleny 1 km, činí vliv refrakce a rozdílu mezi oběma horizonty 0,07 m, kdežto pro vzdálenost 5 km činí již 1,70 m. Nelze proto pro větší vzdálenosti zanedbávat vliv refrakce a zemského zakřivení.



Obr. 84. Vliv zemského zakřivení a atmosférické refrakce na určení výšek.

Vliv zemského zakřivení se projevuje v rozdílu mezi skutečným a zdánlivým horizontem. Poněvadž se výškový úhel měří od roviny zdánlivého horizontu, nepočítá se výškový rozdíl B_0B od pravého, nýbrž rozdíl $B''B$ od zdánlivého horizontu. Rozdíl B_0B'' je odchylkou, o kterou se musí vypočtený výškový rozdíl opraviti. Vzdálenosti s, měřené na zemském povrchu, jsou vzhledem k zemskému poloměru r malé a proto lze klásti délku oblouku s rovnou délce tětivy d a též délce AB'' v rovině zdánlivého horizontu, takže

$$\widehat{AB_0} \doteq \overline{AB_0} \doteq \overline{AB''} = d.$$

Rozdíl mezi skutečným a zdánlivým horizontem se vypočte ze vzorce

$$q = B_0B'' = d \,.\, \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = d \,.\, \frac{\varphi}{2}, \text{ kde } \varphi = \frac{d}{r},$$

čili

$$q = \frac{d^2}{2r}. \tag{1}$$

Pro výpočet výškového rozdílu považujeme $\triangle\, AB''B$ za pravoúhlý, neboť úhel u B'' se liší od pravého při malých vzdálenostech jen o několik málo minut.

Vlivem plynule ubývající hustoty vzduchu od země probíhá světelný paprsek ovzduším v oblouku, který je velmi plochý a vydutou stranou je obrácen k zemi. Světelný paprsek vycházející z bodu B dopadá obloukovitě do bodu A, kde pozorovatel vidí bod B ve směru tečny k poslední obloukové částici a promítá jej proto do bodu B'. Úhloměrným strojem se neměří výškový úhel α, nýbrž α', který je větší o malý úhel ϱ, zvaný refrakční úhel. Vlivem refrakce se nepočítá tudíž výškový rozdíl $B''B$, nýbrž $B''B'$, který je větší o hodnotu BB'.

K výpočtu refrakční odchylky BB' lze užíti též prvků nepatrně se lišících od skutečných hodnot. Vzhledem k délce zemského poloměru r a výšce bodu B nad bodem A lze považovati též oblouk $\widehat{AB}$ rovný oblouku $\widehat{AB_0} = d$. Oblouk $\widehat{AB}$ lze považovati za kruhový oblouk o poloměru R a přísluší mu středový úhel 2ϱ. Z obrazce plyne

$$d = r \,.\, \varphi \doteq R \,.\, 2\varrho, \tag{2}$$

odkud

$$\varrho \doteq \frac{r}{R} \,.\, \frac{\varphi}{2} = k \,.\, \frac{\varphi}{2}. \tag{3}$$

Veličina $k = \dfrac{r}{R}$ je refrakčním součinitelem. Z rovnice (1) plyne $\varphi = \dfrac{d}{r}$ a po dosazení do rovnice (3) obdržíme

$$\varrho = k\frac{d}{2r} \quad \text{nebo} \quad \varrho'' = 206\,265\,.\,k\,.\,\frac{d}{2r}. \tag{4}$$

O refrakční úhel se zmenší výškový úhel nebo zvětší zenitová vzdálenost. Odchylka $\overline{BB'} = p$ je prakticky velmi malá a vypočte se s dostatečnou přesností z přibližného vzorce

$$p = \overline{BB'} = d\,.\,\varrho = k\frac{d^2}{2r}. \tag{5}$$

Atmosférická refrakce se stále mění a velikost jejího vlivu závisí na nadmořské výšce, geografické poloze krajiny, na porostu povrchu, na teplotě a vlhkosti vzduchu. Refrakce se mění i během dne a pro naše krajiny bylo zjištěno, že refrakční součinitel k kolísá od 0,08 do 0,18. Pro výpočty se užívá střední hodnoty 0,13, z níž plyne $R \doteq 8r$.

Někdy dosahuje refrakce mimořádné velikosti a dokonce i záporných hodnot. Stává se, že předmět zakrytý překážkami (horou) je viditelný.

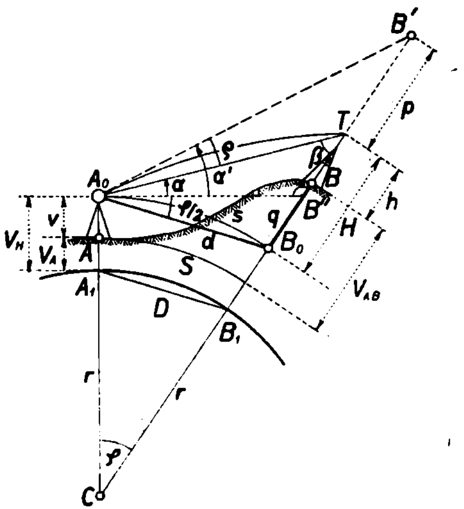
Jak plyne z obrazce, připočítává se odchylka plynoucí z rozdílu obou horizontů a odečítá se refrakční odchylka. Oba vzorce (1) a (5) se dají spojiti a nahraditi jedním

$$q - p = \frac{d^2}{2r} - k\frac{d^2}{2r} = \frac{1-k}{2r}\,d^2. \tag{6}$$

Odvození vzorců pro výpočet výškových rozdílů. Pro výpočet výškových rozdílů se dají odvodit různé vzorce, přibližné i přesné, podle toho, pro jakou vzdálenost se výškový rozdíl určuje nebo zda se přihlíží k nadmořským výškám bodů. Do vzdálenosti asi 5 km se lze spokojiti s výpočty podle přibližných vzorců, kdežto pro větší vzdálenosti se musí přihlížeti jak k nadmořským výškám bodů, tak k jejich vzdálenosti, počítané buď jako tětiva nebo délka oblouku. Přitom se bere ohled na sbíhavost tížnic.

Odvození vzorce pro kratší vzdálenosti (obr. 85). Na stanovisku A byl změřen výškový úhel α' na vrchol T pyramidy, postavené nad bodem B. Výška stroje je $v = \overline{AA_0}$ a výška pyramidy $h = \overline{BT}$. Podle obrazce je výškový rozdíl mezi body A a B dán výrazem

$$V_{AB} = \overline{B_0B''} + \overline{B''B'} - \overline{B'T} - h + v. \qquad (7)$$



Obr. 85. Určení výškového rozdílu dvou bodů se zřetelem k zakřivení a refrakci.

Výraz $\overline{B_0B''} = q = \dfrac{d^2}{2r}$ byl již odvozen jako rovnice (1).

Druhý člen $B''B'$ se vypočte z $\triangle\ A_0B''B'$, který považujeme za pravoúhlý. V trojúhelníku známe odvěsnu $\overline{A_0B''} \doteq \overline{A_0B_0} = d$ a měřený úhel α'. (Délka d se vypočte buď ze souřadnic obou bodů nebo se odměří na mapě nebo na plánu, případně se určí nepřímo z pomocné základny.) Tak obdržíme

$$\overline{B''B'} = d \,.\, \mathrm{tg}\, \alpha'.$$

Třetí člen byl odvozen jako refrakční odchylka v rovnici (5), takže

$$p = \overline{B'T} \doteq d\varrho = k \frac{d^2}{2r}.$$

Po dosazení do rovnice (7) obdržíme

$$V_{AB} = \frac{d^2}{2r} + d \,.\, \mathrm{tg}\, \alpha' - k \frac{d^2}{2r} - h + v \tag{8}$$

nebo po sloučení prvého a třetího členu

$$V_{AB} = d \,.\, \mathrm{tg}\, \alpha' + \frac{1 - k}{2r} d^2 - h + v. \tag{9}$$

Je-li α' hloubkovým úhlem, zůstává vzorec (8) a (9) nezměněn a úhel se do vzorců dosadí se záporným znaménkem. Člen $d \,.\, \mathrm{tg}\, \alpha'$ je svojí velikostí největší a proto udává znaménko celého výrazu.

Při počítání se zenitovými vzdálenostmi odpadá rozlišování znamének a vzorec má tvar

$$V_{AB} = d \,.\, \mathrm{cotg}\, z' + \frac{1 - k}{2r} d^2 - h + v, \tag{10}$$

kde z' je přímo měřená zenitová vzdálenost.

Je-li výška bodu A dána, vypočte se výška bodu B

$$V_B = V_A + V_{AB} \tag{11}$$

a kdyby byla dána výška bodu B, vypočte se výška bodu A

$$V_A = V_B - V_{AB}. \tag{11'}$$

Jsou-li nadmořské výšky obou bodů značně různé, měl by se výpočet provést na kouli o poloměru

$$r' = r + \frac{V_A + V_B}{2} = r\left(1 + \frac{V_A + V_B}{2}\right),$$

kde $r \doteq 6380$ km pro území Čech a Moravy. Se zřetelem k poloměru r' se pozmění výrazy (9) a (10), kde člen $d \,.\, \operatorname{tg} \alpha'$ se násobí výrazem pro r' a místo d se užije k výpočtu opravného členu správnější hodnoty

$$\frac{d}{\cos \alpha'} \text{ nebo } \frac{d}{\sin z'},$$

tak obdržíme výrazy

$$V_B = V_A + \left(1 + \frac{V_A + V_B}{2r}\right) d \,.\, \operatorname{tg} \alpha' + \\ + \frac{1 - k}{2r} \cdot \frac{d^2}{\cos^2 \alpha} - h + v, \tag{12}$$

$$V_B = V_A + \left(1 + \frac{V_A + V_B}{2r}\right) d \,.\, \operatorname{cotg} z' + \\ + \frac{1 - k}{2r} \cdot \frac{d^2}{\sin^2 z'} - h + v. \tag{13}$$

Tam, kde jde o malé nadmořské výšky, není třeba přihlížeti k opravě vlivem nadmořských výšek.

Odvození přesnějšího vzorce (obr. 85). Nepřihlížejíce k nadmořským výškám bodů, lze odvoditi pro výpočet výškových rozdílů vzorec takto: V $\triangle A_0B_0T$ položme $\widehat{s} = \widehat{A_0B_0} \doteq d = \overline{A_0B_0}$. Úhel ve vrcholu A_0 je $T\widehat{A_0}B_0 = \alpha + \frac{1}{2}\varphi$ a úhel ve vrcholu T označme β. Úhel β se vypočte z $\triangle A_0TC$:

$$\beta = 180° - (\varphi + 90° + \alpha) = 90° - (\alpha + \varphi),$$

kde

$$\varphi = \frac{d}{r}, \quad \text{čili } \varphi'' = 206\,265\,\frac{d}{r}.$$

Podle sinové věty platí

$$\frac{H}{d} = \frac{\sin(\alpha + \frac{1}{2}\varphi)}{\sin\beta} \tag{14}$$

a po dosazení za β a po úpravě obdržíme

$$H = d\,\frac{\sin(\alpha + \frac{1}{2}\varphi)}{\cos(\alpha + \varphi)}. \tag{15}$$

Úhel $\alpha = \alpha' - \varrho$, kde α' je měřený výškový úhel a refrakční úhel se vypočte z rovnice

$$\varrho'' = 206\,265k\,.\,\frac{d}{2r}$$

a pro $k = 0{,}13$ se vzorce změní na

$$\varrho'' = \frac{206\,265\,.\,0{,}13}{2r}\,.\,d = 2{,}1014''\,.\,d_{\mathrm{km}}, \tag{16}$$

kde za r a d se dosadí délka v kilometrech.

Nadmořská výška bodu B bude dána výrazem

$$V_B = V_A + v + H - h = V_H + H - h. \tag{17}$$

Přihlížíme-li k nadmořské výšce bodu A_0, v jehož pravém horizontu je třeba znáti délku $d \doteq s = A_0B_0$, vypočteme ji z délky jejího průmětu $D \doteq S$ v zobrazovací ploše, v níž je délka D stanovena ze souřadnic bodů A a B.

Vzdálenost d v ploše pravého horizontu bodu A_0 se vypočte z výrazu

$$d = D\,\frac{r + V_A + v}{r} = D\,\frac{r + V_H}{r} = D\left(1 + \frac{V_H}{r}\right) \tag{18}$$

a po dosazení do vzorce (15) obdržíme výraz

$$H = D\left(1 + \frac{V_H}{r}\right) \cdot \frac{\sin(\alpha + \frac{1}{2}\varphi)}{\cos(\alpha + \varphi)}. \qquad (19)$$

Týž početní úkon, provedený vzhledem k měřickým údajům získaným na bodě A, lze provésti se zřetelem k měřickým údajům získaným na bodě B, čili když se zaměřuje s bodu na bod oboustranně. Tak lze získati dvě hodnoty pro výškový rozdíl, které musí být shodné až na odchylku zaviněnou nevyhnutelnými chybami. Oba výsledky musí být ovšem opačného znamení. Stoupá-li území od bodu A směrem k bodu B, musí od bodu B k bodu A klesat. Z obou číselných hodnot se užije aritmetický průměr za správnou hodnotu výškového rozdílu.

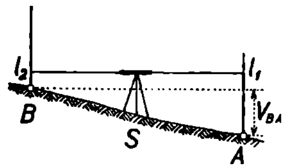
Trigonometrické měření výšek se u nás nejvíce užívá k určování výšek trigonometrických bodů a bodů určovaných protínáním, takže vzdálenosti bodů se vypočtou ze souřadnic. Měření výškových úhlů se koná na stanovisku hned po skončeném měření vodorovných úhlů, případně též před ním. Podle měřických předpisů se koná výškové měření teprve při podrobné triangulaci, kde průměrná vzdálenost bodů činí 2 km a u bodů přechodných (ze sítě vyššího řádu do nižšího) 3 i 4 km. Vzhledem k těmto okolnostem lze užívat k výpočtu výškových rozdílů jen přibližného vzorce (9) nebo (10).

Jak se uplatňuje vliv refrakce a zemského zakřivení budiž uvedeno, že na vzdálenost 5 km činí rozdíl horizontů 1,96 m a refrakční oprava 0,25 m, dohromady 1,71 m. Na vzdálenost 1 km činí oprava horizontů 7,8 cm a refrakční oprava 1,0 cm, dohromady 6,8 cm. Velikosti oprav značně rostou pro větší vzdálenosti.

Se zřetelem k stále se měnícímu refrakčnímu součiniteli lze provésti výpočet přesněji z oboustranně měřených zenitových vzdáleností. Jak se provádí převádění měřených zenitových vzdáleností (excentricky měřených) na záměrné body (středy) a jak se z měření stanoví refrakční součinitel, je nutno odkázati na odbornou literaturu.

7,4. Nivelace. Nejpřesnějším způsobem měření výšek je nivelace, při níž se určují výškové rozdíly dvou bodů podle vodorovných záměr na svislých měřítkách. Za svislá měřítka se volí obyčejné nebo přesné nivelační latě. U nivelačních strojů je záměrou vodorovná osa dalekohledu, urovnaná podle libely. Pracovní postup je jednoduchý při hrubé nivelaci a nejobtížnější při provádění přesné nivelace.

Základ nivelace (obr. 86). Při určování výškového rozdílu dvou bodů se postaví nivelační stroj nad bodem S asi uprostřed nivelované délky AB a urovná se. Při vodorovně urovnaném dalekohledu se zaměří na lať, postavenou na bodě A a odečte se laťový úsek l_1. Nato se lať přenese na bod B a po zaměření při urovnaném dalekohledu se na ni odečte úsek l_2. Rozdíl obou čtení je hledaným výškovým rozdílem. Podle obrazce je



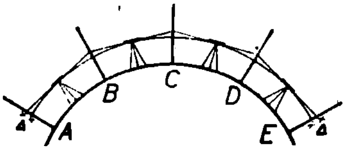
Obr. 86. Určení výškového rozdílu nivelací.

$$V_{BA} = l_1 - l_2.$$

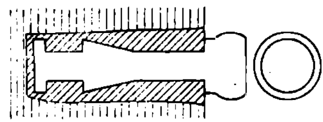
Je-li vzdálenost AB veliká, nevystačí se s jedním stanoviskem stroje, nýbrž se vzdálenost AB rozdělí na několik úseků a stroj i lať se postupně přestavují. Podobně je tomu, je-li na krátkou vzdálenost značný výškový rozdíl, takže se nevystačí s délkou latě.

Lať se urovnává při každé přestavě do svislé polohy podle olovnice zavěšené na lati nebo podle upevněné krabicové libely.

Záměrná osa dalekohledu vyplňuje při otáčení kolem svislé osy horizont stroje, který se ztotožňuje se zdánlivým horizontem. Poněvadž se zdánlivý horizont liší od pravého, čtou se na lati větší úseky o hodnotu Δ než by udával pravý horizont (obr. 87). Volí-li se na stanovisku stejně dlouhé záměry, jsou všechna čtení zatížena toutéž chybou, avšak výškový rozdíl je této chyby zbaven. Při stejně dlouhých záměrách se nivelace nejlépe přimyká ke kulovému tvaru země. Kromě toho má stejná délka záměr kolem stanoviska tu výhodu, že stačí zaostřiti dalekohled na lať pouze na prvém bodě a na



Obr. 87. Vliv zemského zakřivení na stanovení výšek nivelací.



Obr. 88. Čepová značka nivelační.

ostatní body se zaměřuje v téže poloze okuláru. Tím se předchází chybě vznikající z nepřímočarého pohybu okuláru při zaostřování čili ze změny optické osy.

Délky záměr se volí do 50 m a pouze výjimečně lze užít záměr delších. Délka záměry závisí na nerovnosti území, délce latě, viditelnosti a zvětšení dalekohledu.

Osazení výškových bodů (obr. 88). Body, mezi nimiž se provádí nivelace, musí být osazeny, aby mohly sloužit za východiska pro další výškové měření. Pro přesnou nivelaci se dnes užívá litinových značek čepového tvaru, zapuštěných do pevného zdiva domů, ohrad a pod. v přiměřené výšce nad zemí. Nivelačních značek je mnoho druhů. Značky zasazované do zdiva, se svojí délkou zapouštějí do vysekaného otvoru ve zdi nebo ve skále a upevňují se cementem tak, aby vyčnívala ven jen hlava značky, jejíž nejvyšší místo je vlastním výškovým bodem.

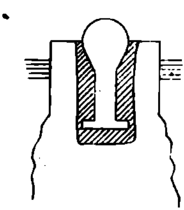
V polích se osazují méně důležité body kameny, do jejichž vrchní opracované plochy se zapustí hřeb s větší polokulovitou hlavou (obr. 89), nebo čepová značka, jejíž vrchol je výškovým bodem. Dnes se používá hojně čepových značek zapuštěných šikmo do boku kamene nebo skály.

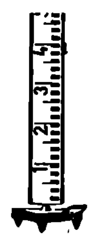
Dříve se užívalo roubíkových a hranolových značek, k nimž byla upevněna destička s udáním nadmořské výšky. Dosud jsou takové body na nádražních budovách.

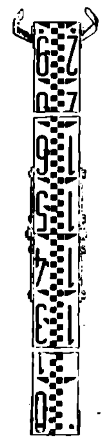
Seznam osazených bodů a jejich výšky vede v patrnosti nivelační oddělení Zeměměřického úřadu v Praze.

Za podružnější body se užijí opracované plochy kamenů, trigonometrických, polygonových bodů, můstků atd.

Každé výškové měření musí být připojeno na výškové body, jichž popis a výšky dodá Zeměměřický úřad za poplatek. Pouze tam, kde dosud není vybudována výšková síť, volí se výška počátečního bodu libovolně, nejlépe zaokrouhlená na desítku nebo stovku metrů.



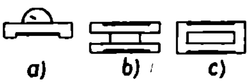




Obr. 89. Obr. 90. Obr. 91.

Obr. 89. Hřebová značka nivelační.
Obr. 90. Část obyčejné latě nivelační s podložkou.
Obr. 91. Část nivelační latě se šachovnicovým dělením.

Nivelační latě (obr. 90 a 91). K nivelaci se užívají latě 3 nebo 4 m dlouhé a 8 až 12 cm široké. Vyrábějí se z dobře vyschlého dřeva. Napouštějí se olejem a chrání se nátěrem proti vlhkosti. Průřez latě se volí tak, aby zaručoval dostatečnou tuhost proti kroucení a zkrácení stupnice průhybem (obr. 92). Jednoduché latě jsou vyztuženy žebrem po celé délce. Obyčejné latě nivelační mají centimetrové dělení po celé délce, kdežto latě pro přesnou nivelaci mají též dělení po půlcentimetrech a dílky jsou vyznačeny čárkami. U mnohých latí, přesných i obyčejných, se jednotlivé dílky střídají jako černá a bílá nebo červená a bílá políčka nebo tvoří šachovnicové uspořádání, kvůli snazšímu odčítání v bílém poli podle černé nitě v okuláru. Na stupnici je očíslován každý decimetr a u mnohých latí je každý decimetr označen ještě jiným barevným pruhem při okraji latě.



Obr. 92. Průřezy nivelačními latěmi.

Číslování musí být zřetelné a viditelné na větší dálku. Poněvadž obraz latě je v dalekohledu vidět obráceně, jsou na mnohých latích vyznačeny číslice obráceně, aby se v dalekohledu jevily vzpřímeně. Přesné nivelační latě jsou vyráběny též se dvěma stupnicemi, z nichž každá je na jedné straně latě (otočná lať) nebo obě stupnice jsou na téže straně vedle sebe. Přitom jsou počátky dělení obou stupnic tak posunuty, aby součet odečtení obou stupnic dával určité vhodné číslo pro kontrolu čtení.

Laťová stupnice musí být vyznačena velmi přesně a při výrobě se dbá toho, aby délka laťového metru byla naprosto přesná. Nepřesnost ve vyznačení centimetrového dílku uvnitř laťového metru do 0,1 mm, není přesnosti měření na závadu.

Některé latě pro přesnou nivelaci mají na rozhraní celých metrů zapuštěnu malou kovovou vložku s jemnými značkami, jejichž vzdálenost se během polního měření občas zjišťuje kontrolními metry nebo invarovým měřítkem.

Oba konce latí jsou okovány ocelovými botkami. Někdy bývá dolní botka opatřena důlkem nebo násadcem s důlkem, jímž se staví lať na podložku s výstupkem, aby se nesmekala. Důlek i výstupek musí být udržovány v čistotě. Obyčejné latě mají spodní botku s rovnou plochou, jež je současně počátkem stupnice, kdežto u přesných latí bývá často nula stupnice odsazena buď nad nebo pod spodní okraj latě. Tato okolnost není při přesné nivelaci na závadu.

Délka přesných latí bývá 3 m a jsou vyráběny z jediného kusu. Obyčejné latě jsou povětšině 4 m dlouhé a vyrábějí se jako

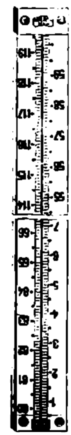
a) rozkládací, složené ze čtyř jednometrových kusů se zasouvacími klínky,

b) zásuvné, složené ze tří nebo čtyř dutých částí do sebe zásuvných,

c) sklopné, složené ze dvou částí spojených kloubem.

Sklopné latě jsou nejpohodlnější a nejvíce užívané. Obě části latě se dají k sobě sklopit a tím je stupnice chráněna proti poškození.

V různých státech a zemích se užívají latě s různým provedením stupnice. Snahou konstruktérů bylo zvýšit přesnost v odčítání volbou různých tvarů centimetrových dílků a dosáhnouti neproměnnosti v délce stupnice. V poslední době se vyrábějí přesné nivelační latě s invarovou vložkou.



Obr. 93. Přesná nivelační lať.

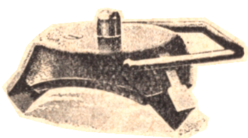
Lať s invarovou vložkou (obr. 93). Lať má průřez písmene *U* a je na obou koncích okována. Spodní kovová botka je z tvrdé ocele a její spodní plocha je vybroušena do roviny kolmé k ose latě. Invarové pásmo 26 nebo 32 mm široké je 3 m dlouhé a vloženo do drážky v dřevěné lati, aniž se dotýká stěn latě. Pásmo je s dolní botkou pevně spojeno a zavěšeno v horní části na spirálové péro, které je napíná silou asi 20 kg. I když se vlivem vlhka změní délka latě, nepřenáší se vliv vlhkosti na pásmo, jehož součinitel roztaživosti činí asi desetinu roztaživosti ocele.

Invarové pásmo má dvě čárkové stupnice posunuté proti sobě asi o dva a půl centimetru. Obě stupnice jsou půlcentimetrové. Dělení je provedeno s největší přesností a síla čárek je 1 mm. Označení decimetrů a jejich číslování je provedeno po obou stranách na dřevě. Za jednotku očíslovací je zvolena délka půldecimetru, takže lať 3 m dlouhá má na jedné stupnici číslování půldecimetrů od 0 do 59 a na druhé od 60 do 119. Obě stupnice mají počátek dělení dole a rozdíl nul nebo čtení obnáší stálou hodnota 592,5 půlcentimetrů.

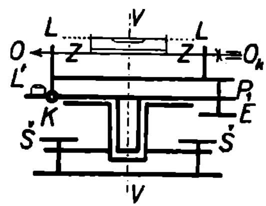
Na zadní straně má lať dvě sklopná držadla a snímatelnou krabicovou libelu. Na spodní botce je upevněn násadec s důlkem. K lati se upevňují vzpěry, které během měření udržují lať ve svislé poloze, urovnané podle krabicové libely.

Měřické výsledky se musí dělit dvěma, aby se získaly správné hodnoty.

Podložky (obr. 90 a 94). Lať se nesmí při přesné nivelaci stavět na zem a proto se užívá litinových podložek, jež jsou na spodu opatřeny třemi hroty, jimiž se podložka zarazí pevně do země. Ve svrchní části má podložka jeden nebo dva výstupky, na něž se staví lať důlkem.



Obr. 94. Podložka pro nivelační lať.



Obr. 95. Náčrt nivelačního přístroje.

Nivelační přístroje (obr. 95). Podstatné části nivelačních strojů tvoří dalekohled, nivelační libela a otáčivá podložka. Podložka se otáčí s dalekohledem kolem svislého čepu, jehož ložisko spočívá ve válci s třínožkou. U menších strojů přechází čep v kulovité tělísko, uložené v kulovém ložisku. Stavěcími šrouby se podložka urovná. Stroj je opatřen ustanovkou s drobnoměrným šroubem.

Dnes je užíváno mnoho druhů nivelačních strojů a každá továrna na geodetické stroje vyrábí je v několika provedeních. Stroje se mezi sebou liší výkonností, velikostí a různou úpravou podrobností. Dalekohled mívá zvětšení 10 až 40násobné. Nitkový kříž bývá jednoduchý a jen u strojů, sloužících též k určování délek záměr, je složen ze svislé a tří vodorovných nití. U některých strojů pro přesnou nivelaci je pravá polovina střední vodorovné nitě nahrazena niťovým klínkem. Citlivost libel se volí od 5 do 60″.

Podle toho, jak je dalekohled spojen s podložkou, lze nivelační stroje zařaditi do pěti skupin:

1. stroje, kde dalekohled je pevný a pevně spojen s libelou na dalekohledu nebo na podložce;

2. stroje, u nichž je dalekohled volný nebo překladný a jednoosá libela je pevně spojena s dalekohledem;

3. stroje, kde dalekohled je volný a jednoosá libela je pevně spojena s podložkou;

4. stroje, u nichž dalekohled je volný a libela sázecí;

5. stroje, u nichž je dalekohled volný nebo překladný a pevně spojen s libelou reversní (dvojosou).

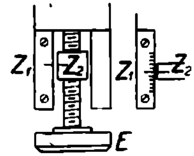
Každý z uvedených druhů může mít

a) elevační šroub a

b) podložku upravenou ve tvaru alhidády s děleným kruhem a vernierem.

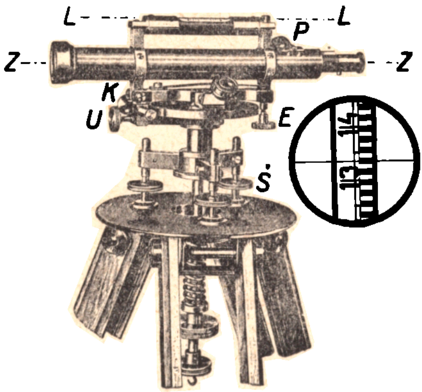
Rozdělení strojů na uvedené skupiny má význam pro měřický postup a seřizování strojů.

Elevační šroub (obr. 96). Při měření musí být dalekohled nivelačního stroje přesně urovnán do vodorovné polohy a toho se nedá vždy docílit stavěcími šrouby, nýbrž součástkou zvanou elevační šroub. Při každém zaměření na lať se nivelační libela přesně urovná elevačním šroubem. Není proto nutné urovnávati nivelační stroje, opatřené elevačním šroubem, přesně stavěcími šrouby, nýbrž k urychlení práce se stroj urovnává stavěcími šrouby podle méně citlivé libely na podložce a teprve po zaměření na lať se dalekohled dourovná podle nivelační libely elevačním šroubem. Má-li stroj pouze nivelační



Obr. 96. Elevační šroub.

libelu, urovná se stavěcími šrouby s přesností asi jednoho dílku na libele a po zaměření na lať se dourovná elevačním šroubem. Stroj, který nemá vůbec elevační šroub, musí se urovnat přesně stavěcími šrouby podle nivelační libely. U strojů bez elevačního šroubu musí být libela při otáčení dalekohledem stále urovnána a nedoporučuje se během měření stroj dodatečně dourovnávat stavěcími šrouby,



Obr. 97. Nivelační stroj Fričův.

neboť tím se mění výška stroje. Elevačního šroubu se využije zvláště u strojů, které mají kromě velmi citlivé libely nivelační ještě jednu trubkovou nebo křížovou libelu méně citlivou na podložce.

Obr. 97 představuje nivelační stroj firmy J. a J. Frič I. skupiny, u něhož je dalekohled pevně spojen s libelou. Na třech stavěcích šroubech spočívá objímka s vodorovným kruhem, v níž je uložena osa podložky, se kterou je spojeno rameno s vernierem a dvě svislé vidlice pro pevné uložení dalekohledu. V názorném obrazci 95. značí *K* kloub, kolem něhož lze otáčet elevačním šroubem E podložku P_1 s ložisky dalekohledu ve svislé rovině a tak dourovnat záměrnou přímku Z — Z do vodorovné polohy. Tím se zdvihá nebo snižuje střed nitkového kříže, avšak výška stroje v kloubu zůstává stejná. V určité poloze elevačního šroubu je osa libely L kolmá k svislé otáčecí ose stroje V — V. Tato poloha se nazývá nulová čili normální a odpovídá jí poloha značek z_1 — z_2 na měřítku elevačního šroubu a směr šipky na hlavě šroubu E. Místo jedné značky může být na měřítku vyznačena stupnice, jejíž nulový dílek odpovídá normální poloze.

K běžné nivelaci se užívá nejvíce nivelačních strojů 1. skupiny. Jsou-li dobře seřízeny, lze jimi docíliti velmi dobrých výsledků. Skupina 2 a 3 není tak výhodná. Skupina 4 a 5 se užívá pro přesné nivelace. Úpravy nivelačních strojů se provádějí zvláště u strojů 1. skupiny a při vhodné úpravě se dají užít i pro přesné nivelace, čehož dokladem jsou nejnovější stroje Wildovy a Zeissovy. Proto se v dalším výkladu omezíme jen na stroje 1. skupiny.

Úprava a zkouška stroje před měřením. Nivelační stroj se urovnává stavěcími šrouby stejně, jako je tomu u theodolitů. Stroj se urovnává buď

a) podle jedné pomocné trubkové libely na podložce ve dvou polohách k sobě kolmých (nejdříve nad dvěma, pak nad třetím stavěcím šroubem) nebo

b) podle křížové libely postavené tak, že jedna libela je ve směru nad dvěma šrouby a druhá ve směru nad třetím stavěcím šroubem nebo

c) podle krabicové libely nebo

d) jen podle nivelační libely.

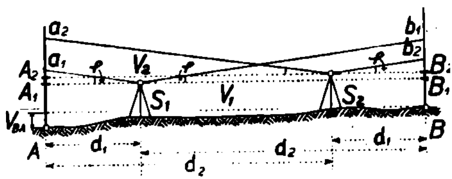
Urovnává-li se stroj podle nivelační libely, musí se elevační šroub napřed nastaviti do normální polohy (značka proti značce).

Před měřením se musí zaostřit nitkový kříž obdobně jako u theodolitů výtahem oční čočky. Při zaměření na lať se nesmí objeviti po zaostření paralaxa nitkového kříže. Zaměřuje se tak, aby svislá nit se dotýkala okraje stupnice na lati nebo je-li stupnice uspořádána šachovnicově, procházela jejím středem. Před odečtením se musí libela přesně urovnat elevačním šroubem.

Při zkoušce nivelačního stroje musí

1. osa pomocné libely L' na podložce být kolmá k ose alhidády. $L' \perp V$,
2. vodorovné vlákno nitkového kříže H být kolmé k ose alhidády, $H \perp V$,
3. záměrná přímka Z být rovnoběžná s osou nivelační libely L, $Z \parallel L$.

Není-li pomocná libela na podložce, odpadne zkouška $L' \perp V$ a místo ní se zkouší



Obr. 98. Zkouška nivelačního přístroje.

4. zda je elevační šroub v nulové poloze, při níž je osa nivelační libely kolmá k ose alhidády (podložky) $L \perp V$.

Zkouška 1. podmínky se provede stejně jako u theodolitu. Libela se urovná napřed nad dvěma, pak nad třetím stavěcím šroubem. Nato se strojem otočí o 180° a objeví-li se v poloze bubliny odchylka, opraví se z poloviny stavěcím šroubem, z poloviny seřizovacím šroubkem libely. Zkouška se opakuje. Tuto zkoušku je dobře provésti až po přesném urovnání stroje podle nivelační libely.

Zkouška 2. podmínky se vykoná tím, že se zaměří na nějaký ostrý bod (roh centimetrového dílku na lati) a nato se jemným šroubem ustanovky otáčí dalekohledem kolem svislé osy. Nekryje-li vodorovná niť stále týž bod, musí se pootočiti clonkou nitkového kříže, případně celou okulárovou trubicí.

Zkouška 1. i 2. podmínky se musí opakovati, neboť příslušné posuny se dějí zkusmo odhadem.

Zkouška 3. podmínky se dá prováděti několika způsoby (obr. 98). Zde bude uveden pouze jeden z přesnějších způsobů. — V přibližně vodorovném území se zvolí dva body A a B, vzdálené od sebe asi

80 m, výškově dobře zajištěné buď litinovou podložkou nebo nivelačním hřebem a pod. Ve směru mezi nimi se zvolí 2 body S_1 a S_2, při čemž $AS_1 = d = BS_2$. Vzdálenosti mezi body se změří pásmem. Na bodě S_1 se postaví nivelační stroj, o kterém předpokládejme, že osa nivelační libely svírá se záměrnou osou úhel φ. Poněvadž osa nivelační libely není rovnoběžná se záměrnou osou, zaměří se při urovnané libele na lať postavenou v bodě A a místo čtení A_1 se odečte údaj a_1. Nato se nivelační lať přenese na bod B a při urovnané libele se na ni zaměří. Místo správného čtení bude čten údaj b_1.

Nivelační stroj se přenese na bod S_2 a obdobně se zaměří na lať postavenou jednou v bodě B, po druhé v bodě A. Příslušné údaje na latích budou a_2 a b_2. Označíme-li $\operatorname{tg} \varphi = k$, budou správná čtení při vodorovné záměře A_1, B_1 a A_2, B_2:

$$A_1 = a_1 - k \cdot d_1, \qquad B_1 = b_1 - k \cdot d_2,$$
$$A_2 = a_2 - k \cdot d_2, \qquad B_2 = b_2 - k \cdot d_1.$$

a správný výškový rozdíl mezi body A a B bude

$$V_{BA} = A_1 - B_1 = A_2 - B_2$$

čili po dosazení

$$V_{BA} = (a_1 - k \cdot d_1) - (b_1 - k \cdot d_2) = (a_2 - k \cdot d_2) - (b_2 - k \cdot d_1)$$

z čehož

$$k = \operatorname{tg} \varphi = \frac{(a_1 - b_1) - (a_2 - b_2)}{2\,(d_1 - d_2)}.$$

Kdyby byla stanoviska S_1 a S_2 zvolena libovolně, změří se jejich vzdálenosti od bodů A a B, při čemž položme

$$d_1 = \overline{AS_1},\ D_1 = \overline{BS_1},\ d_2 = \overline{AS_2} \text{ a } D_2 = \overline{BS_2},$$

z čehož obdržíme

$$k = \operatorname{tg} \varphi = \frac{(a_1 - b_1) - (a_2 - b_2)}{d_1 - d_2 - D_1 - D_2}.$$

Opravené čtení B_2 se rovná

$$B_2 = b_2 - k \cdot d_1 \text{ v prvém případě}$$

a

$$B_2 = b_2 - k \cdot D_2 \text{ v druhém případě.}$$

Takto se stanoví správné čtení při vodorovné záměře na lati, postavené v bodě B, při zaměření se stanoviska S_2. Elevačním šroubem se otočí tak, až se čte na lati vypočtený údaj B_2, čímž se uvede záměrná osa do vodorovné polohy. Bublina se však vychýlí a výchylka se odstraní seřizovacím šroubkem libely, jímž se otáčí tak dlouho, až bublina je umístěna přesně mezi značkami na libele. Pro kontrolu se vypočte správný údaj A'_2 a zaměří se při urovnané libele na lať postavenou v bodě A. Byla-li odchylka správně odstraněna, musí se vypočtené čtení čísti na lati. Neškodí, opakuje-li se pokus ještě jednou.

Naznačeným způsobem se neodstraní zcela přesně odchylka φ, protože se neodstranila chyba z refrakce paprsku. Avšak i když není stroj zbaven i zbytků chyb po seřízení, jež nelze již odstranit, možno obdržeti velmi dobré nivelační výsledky, když se volí délky záměr na stanovisku stejně dlouhé.

Poněvadž může být refrakce paprsků v každé svislé rovině různá, je dobře při přesné nivelaci volit přestavy latě tak, aby vzhledem ke stroji byly v jedné přímce. Při běžné nivelaci není toho třeba.

Nivelační způsoby. Nivelovati se dá se skloněnou i vodorovnou záměrou a tak rozeznáváme nivelaci geometrickou a svahosměrnou čili trigonometrickou. Geometrickou nivelaci opět dělíme na postupnou čili kupředu a na nivelaci ze středu. Podobně je tomu u svahosměrné nivelace.

Nejužívanější je geometrická nivelace ze středu. Ostatní způsoby se dnes málo užívají a jsou využity do jisté míry u tacheometrie. V dalším se věnujeme jen nivelaci ze středu.

Základní myšlenka geometrické nivelace ze středu byla uvedena již na str. 129. Výškový rozdíl mezi dvěma body A a B se získá ze čtení l_1 a l_2 na svislých latích a platí

$$V_{BA} = l_1 - l_2.$$

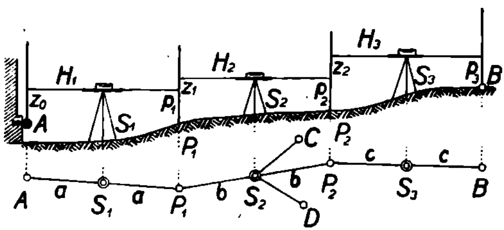
Je-li výška jednoho bodu známa, odvodí se výška horizontu stroje V_H

$$V_H = V_A + l_1$$

a z ní výška druhého bodu

$$V_B = V_H - l_2 = V_A + l_1 - l_2 = V_A + V_{BA}.$$

Poněvadž délka záměry je závislá na povaze území, viditelnosti a zvětšení dalekohledu, volí se nejvýše 50 m dlouhá. S jednoho stanoviska se dá určiti výškový rozdíl mezi dvěma body, jichž vzdálenost je dvakrát tak dlouhá jako délka záměry. Je-li vzdálenost mezi body větší nebo výškový rozdíl je veliký, takže se nevystačí s délkami dvou záměr nebo s délkou latě, rozdělí se nivelovaná trať na řadu úseků. Každý úsek může být jinak dlouhý. Nivelační stroj se staví vždy do středu úseku a pokud možno do směru spojnice laťových představ. Pro další výklad označme stanoviska stroje S_n a pomocné body, na něž se staví lať P_n. Ve výkonném měřictví se označují jen body osazené. Mezilehlé body se neoznačují vůbec. Při nivelování se postupuje takto:



Obr. 99. Nivelace mezi vzdálenými body.

(Obr. 99.) Vyjde se od bodu A, který je dán nadmořskou výškou nebo se jeho výška zvolí. Pomocník postaví nivelační lať v bodě A se stupnicí směrem ke stanovisku S_1. Měřič zvolí stanovisko S_1 v určité vzdálenosti a od bodu A a poněvadž u nivelačních strojů odpadá centrování, upevní řádně stojan v zemi a urovná stroj stavěcími šrouby. Nato měřič zaměří na lať a před odečtením urovná nivelační libelu elevačním šroubem. Na lati čte vždy 4 číslice, metry, decimetry, centimetry a odhaduje milimetry (je-li lať dělena na centimetry). Příklad čtení podává obr. 97, kde podle vodorovné nitě se čte 1334. To je záměra vzad a ta je vždy kladná, přičítá se. Nato dá pomocníkovi znamení a ten přenese lať na bod P_1, který zvolí ve stejné vzdálenosti od stroje. Při přenášení latě odkrokuje vzdálenost a ke stroji i od stroje. V bodě P_1 zarazí pomocník podložku do země, postaví na ni lať, otočí ji stupnicí směrem ke stroji a měřič má možnost vzdálenost a zkontrolovati opticky podle dálkoměrných nití. Po zaměření na lať urovná měřič nivelační libelu elevačním šroubem a přečte na lati podle vodorovné nitě příslušný laťový údaj. To je záměra vpřed a ta má vždy znaménko záporné, odčítá se. Tím je práce na stanovisku S_1 skončena a měřič přenese stroj na stanovisko S_2, vzdálené od latě v bodě P_1 o délku b, která se může rovnati délce a, ale může být podle povahy území delší nebo kratší než a. Měřič znovu urovná stroj na stanovisku S_2, pomocník otočí lať se stupnicí směrem ke stroji a děj se opakuje až se dojde s latí na bod B.

Laťové údaje se zapisují do zápisníku a zapisovatel musí dávat jen pozor o jakou záměru jde. Smysl záměry je dán nivelačním pořadem, neboť směr k počátečnímu bodu od stanoviska udává záměry vzad a směr k bodu, k němuž chceme dojíti, dává záměry vpřed.

Označíme-li výšky počátečního a koncového bodu nivelačního pořadu V_A, V_B, výšky mezilehlých bodů V_1, V_2 a výšky horizontů stroje H_1, H_2, H_3, záměry vzad z a záměry vpřed p, budou platit vztahy:

$$\begin{aligned} H_1 &= V_A + z_0, & V_1 &= H_1 - p_1, \\ H_2 &= V_1 + z_1, & V_2 &= H_2 - p_2, \\ H_3 &= V_2 + z_2, & V_B &= H_3 - p_3. \end{aligned}$$

Poněvadž mezilehlé body bývají neoznačeny, není třeba počítati jejich výšky a celkový výškový rozdíl mezi počátečním a koncovým bodem se stanoví takto:

$$\begin{aligned} V_{1A} &= z_0 - p_1 \\ V_{21} &= z_1 - p_2 \\ V_{B2} &= z_2 - p_3 \\ \hline V = V_{BA} &= [z] - [p] = V_B - V_A \end{aligned}$$

Výškový rozdíl mezi počátečním a koncovým bodem nivelačního pořadu se obdrží tím, že se od součtu čtení vzad odečte součet čtení vpřed. Ten součet, který je větší, udává též znamení rozdílu. Znaménko udává, zda nivelační pořad stoupá nebo klesá. Je-li rozdíl kladný (+), pořad stoupá, je-li záporný (—), pořad klesá. Výška bodu B je dána výrazem

$$V_B = V_A + V_{BA} = V_A + [z] - [p].$$

Podle způsobu nivelování a druhu užitého nivelačního přístroje jsou sestaveny různé druhy zápisníků, přizpůsobených též účelu výškového měření.

Je-li některý bod stranou nivelačního pořadu, jehož výška se má též určiti, jako je tomu ku př. u bodů C a D, zaměří se s toho stanoviska, které je těmto bodům nejblíže. Na každý z těchto bodů se staví postupně lať a obdobně se odečtou laťové úseky. Záměry na body ležící stranou se jmenují střední záměry a mají povahu záměr vpřed. K stanovení výšky bodů se údaje středních záměr odčítají od horizontu stroje.

Způsob nivelace ze středu nevyžaduje dostřeďování stroje nad stanoviskem a proto je rychlejší než jiné nivelační způsoby. Též měření výšky stroje nad bodem odpadá. U srovnání s methodou trigonometrického měření výšek, vyžaduje určení výškového rozdílu dvou vzdálených bodů více času, získáme však výškový rozdíl s velikou přesností. Kromě toho lze podél nivelačního pořadu stanoviti výšky řady bodů mezilehlých. Vhodným uspořádáním měření, zvláště se stroji pro přesnou nivelaci, lze vyloučiti hlavní chyby systematické.

V zápisníku není třeba psáti stanoviska stroje a pro jednoduchost není třeba k němu vysvětlivek. U každého mezilehlého bodu se píše nejdříve údaj záměry vzad a pak záměry vpřed.

Při měření je nutno dbáti určitých pravidel, aby výsledky byly nejlepší. Tato pravidla jsou:

1. Se zřetelem k zvětšení dalekohledu je nutno dbáti toho, aby délky záměr byly přiměřené a byly v mezích od 30 do 60 m. Pro totéž stanovisko je třeba, aby délka záměry vzad byla rovna délce záměry vpřed. Pouze výjimečně lze délku záměry (stroji nejlépe vyhovující) zkrátit nebo prodloužit.

Vzor jednoduchého nivelačního zápisníku (obr. 99).

Bod	Záměra (čtení na lati)			Výška		Poznámka
	vzad z	střední s	vpřed p	horizontu (srovnávací roviny) $V_H = V + z$	bodu $V_H - p$	
A	1275			219,890	218,615	$V_A =$ 218.615 m
P_1	0964		0461	220,393	219,429	
C		0644			219,749	
D		2837			217,556	
P_2	2793		0638	222,548	219,755	
B			0419		222,129	
$[z] =$ $[z] - [p]$	$+5032$ $+3514$	$[p] =$	-1518			

$$V_B = V_A + [z] - [p] = 218{,}615 + 3{,}514 = 222{,}129.$$

2. Nivelační pořad se má vésti územím mírně a stejnoměrně sklonitým a nikoli měkkým. Stroj i podložka pod lať se musí dobře zatlačit do země, aby se během měření neměnila jejich výška. Při měření se střídá postavení noh vzhledem ke směru měření. To znamená, že dvě nohy jsou jednou po levé a po druhé tytéž nohy po pravé straně pořadu. Stavěcí šrouby stroje musí být na stojanu nad místy, kde jsou nohy připevněny ke stojanu.

3. Stroj je nutno chránit před sluncem a musí se zastiňovat i při přenášení.

4. Neměří se v době velkého chvění vzduchu nebo za silného větru. Při mírném chvění lze zkrátit délky záměr. Se zřetelem k refrakci je třeba se vyhnouti záměrám jdoucím blízko nad zemským povrchem nebo těsně nad porostem (obilím, křovím a pod.). Nejnebezpečnější jsou záměry při čtení v prvních pěti decimetrech. Kvůli refrakci je dobře voliti laťové přestavy tak, aby záměry vzad i vpřed byly přibližně v téže svislé rovině.

5. Nivelační lať pro přesné výškové měření musí být z jediného kusu a ne delší než 3 metry. Do svislé polohy se urovná podle krabi-

cové libely a v této poloze se udržuje vzpěrami. K zrychlení pracovního postupu se mohou užívat dvě latě téhož druhu a není-li lať opatřena dvěma stupnicemi, lze volit postup s dvojitými přestavami.

6. Při přesné nivelaci se během polních prací zjišťuje občas délka laťových metrů, zvláště v kopcovitém území.

7. Nivelace se provádí jednou ve směru tam, po druhé zpět a pokud možno jinou cestou a v jiný den a hodinu. Při rozsáhlejších nivelačních pracích se spojují nivelační pořady v uzavřené obrazce a vyrovnají se methodou nejmenších čtverců.

Různé způsoby nivelace. K urychlení práce a k vyloučení chyb při nivelaci se zavádějí různé pracovní způsoby, zvláště pro přesné nivelace.

1. *Nivelování s neurovnanou libelou.* Při měření s neurovnanou libelou se odčítá na lati podle všech tří nití a zapisují se do zápisníku též údaje obou konců libely. Podle dálkoměrných nití se stanoví vzdálenost a ze známého úhlu, příslušejícímu dílku na libele, z počtu dílků a vzdálenosti se vypočte oprava pro čtení vodorovné střední nitě.

2. *Nivelace s dvojitou přestavou.* Místo jednoduché přestavy se volí dva body blízko sebe, na něž se staví lať. Tento způsob vypadá, jakoby se současně prováděly dvě nivelace. Měření se tu provádí za těchže poměrů a tím se nevylučuje ani nezmenšuje vliv systematických chyb.

3. *Nivelování s dekadickými doplňky.* Při měření se užívá obratné latě, jež má na jedné straně stupnici s dělením od 0 do 29 dm a na druhé straně od 100 do 70 dm. Čtení na jedné straně musí odpovídat doplněk do 10 m na druhé straně, čili čte-li se na prvé stupnici 1,873 musí se číst na druhé stupnici (po otočení latě) 8,127, neboť součet obou čtení musí se rovnat 10 m. Tím se získává v poli kontrola čtení a vylučují se hrubé chyby.

Přesnost nivelace. Při měření se uplatňují nevyhnutelné chyby, zaviněné zbytky vad stroje (nerovnoběžnost přímky záměrné s osou libely, nesprávná délka metru, nakloněná lať, zapadání stroje nebo latě do půdy, chybné dělení latě, výchylka libely, chyby v odhadu milimetrů na lati a pod.), jakož i nedostatkem našich smyslů a tím nedospějeme nikdy ke shodným výsledkům, nivelujeme-li výškový rozdíl dvakráte nebo vícekráte.

Za nejpravděpodobnější hodnotu se považuje aritmetický průměr všech získaných hodnot, není-li zatížen hrubými chybami. Z rozdílů mezi aritmetickým průměrem a získanými hodnotami (z nichž byl určen aritmetický průměr) se odvodí průměrná a pravděpodobná chyba v měření.

Z chyby průměrné nebo pravděpodobné se dá stanoviti podle zásad vyrovnávacího počtu rozdíl mezi výsledky dvojího nivelování téhož pořadu (tam a zpět). Pro běžné nivelace lze se spokojiti s výsledky, při nichž rozdíl mezi dvojím nivelováním nepřesahuje hodnotu

$$\vartheta = 15\sqrt{s},$$

kde s je v kilometrech a značí délku nivelačního pořadu. Hodnota ϑ je v milimetrech. Pro důležitější práce se volí $\vartheta = 10\sqrt{s}$. Pro přesné nivelace dálkové nesmí u nás, podle dosavadních předpisů, maximální chyba pravděpodobná z dvojí nivelace překročiti 5 mm na 1 km.

8. TACHEOMETRIE ČILI RYCHLOMĚŘICTVÍ

Tacheometrie je měřický způsob stanovení prostorové polohy bodů současně ve směru vodorovném i svislém. Ve vodorovném směru je poloha bodu určena polárnými souřadnicemi, vodorovným úhlem od daného směru a délkou vodorovné záměry. Ve svislém směru je bod dán výškovým úhlem, z něhož a délky vodorovné záměry se vypočte výškový rozdíl nad horizontem stroje.

K měření se užívá strojů zvaných tacheometry, tachymetry, celerimetry, stadimetry a v poslední době se ujal v češtině název dálkoměr. Tacheometrů je několik druhů:

a) nitkové, s užíváním svislé, skloněné nebo vodorovné latě,

b) pravítkové, s posuvnými stupnicemi a s latí svislou,

c) autoredukční, jež se dělí na diagramové, dotykové a dvojobrazové s užíváním svislé nebo vodorovné latě,

d) s tangentovým šroubem a s latí stálé délky,

e) s mikrometrovým čili nitkovým drobnoměrem okulárovým se svislou obyčejnou nebo logaritmickou latí,

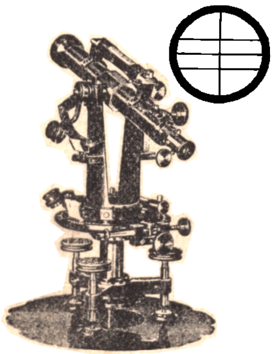
f) přesné dálkoměry s optickými mikrometry a s vodorovnými latěmi,

g) theodolity s optickým dálkoměrem dvojobrazovým a vodorovnou latí.

U nás se užívají nejvíce nitkové tacheometry uvedené pod a) a theodolity s dálkoměrným zařízením, uvedené pod g). Jen o těchto dvou bude pojednáno.

8,1. Nitkový tacheometr (obr. 100). Stroj se podobá úplně jednoduchému theodolitu, jehož dalekohled má zvětšení 10 až 30násobné. Nitkový kříž má tři vodorovné nitě a jednu svislou. Střední vodorovná niť se nazývá též nivelační a obě krajní vodorovné nitě se zovou dálkoměrnými. Vodorovné nitě jsou v přesné vzdálenosti od sebe. Dalekohled je pevně spojen s trubkovou libelou, jejíž osa musí být rovnoběžna se záměrnóu osou. Nejčastěji to bývá reversní libela, aby se dala snadno zjistiti indexová chyba. Nivelační libela umožňuje užívati stroje k jednoduché nivelaci. Sázecí libela bývá zřídka užívána. Na alhidádě je upevněna jedna nebo dvě trubkové libely nebo libela krabicová.

Poněvadž se vodorovné úhly zužitkují jen ke grafickému zobrazování a svislé úhly slouží k výpočtu výškových rozdílů mezi body v malých vzdálenostech, jsou oba kruhy, vodorovný i svislý, děleny na celé stupně nebo nanejvýše na půlstupně a vernier udává čtení s přesností jedné nebo půl minuty. Obyčejně jsou tacheometry opatřeny pouze jedním vernierem nebo čárkovým mikroskopem, aby nedocházelo k omylům při čtení. Svislý kruh je často nahrazen jen částí kruhu a jeho číslování je provedeno tak, že při úhlech výšky se čtou údaje větší než 0° a při hloubkových úhlech údaje menší než 360°. U některých strojů má svislý kruh dělení pravo- i levosměrné, počínaje od společné nuly a při měření je nutno rozlišovat výškové úhly + a hloubkové úhly —.

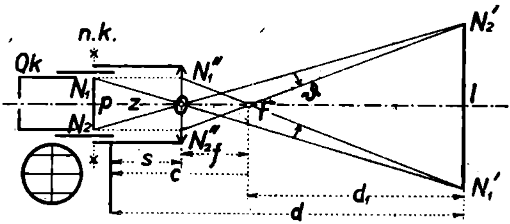


Obr. 100. Fričův tacheometr.

Obr. 100 představuje tacheometr firmy J. a J. Frič s prokladným dalekohledem, jehož zvětšení je 25násobné. Vodorovný kruh je krytý a má v průměru 110 mm. Výškový kruh je nahrazen výškovým segmentem. Dělení na vodorovném kruhu i výškovém segmentu je provedeno na půl stupně. U obou dělení je po jednom vernieru, jež udávají čtení na 1 minutu. Na alhidádě je křížová libela a na dalekohledu nivelační libela reversní.

Za tacheometr lze užíti každý theodolit, který má dálkoměrné nitě nebo jemné rysky vyryté na sklíčku a nivelační libelu na dalekohledu. Takovým theodolitům se říká universální.

Při měření se užívá obyčejné nivelační latě sklopné o délce 4 m a pouze v nepřehledném území se užívá ještě laťového nástavce o délce 1 m, takže lať měří celkem 5 m.



Obr. 101. Průchod paprsků tacheometrem.

Základní rovnice (obr. 101). Vodorovná vzdálenost latě od středu stroje se odvozuje z délky laťového úseku. Dálkoměrné nitě N_1 a N_2 se dalekohledem promítnou na lať do převrácených poloh N'_1 a N'_2 a na lati vytínají laťový úsek $l = N'_1N'_2$. Pro odvození vzorců označme

vzdálenost dálkoměrných nití $\overline{N_1N_2} = p = \overline{N''_1N''_2}$,
ohniskovou dálku objektivu $\overline{OF} = f$,
vzdálenost obrazu nebo nití N_1N_2 od středu objektivu z,
vzdálenost středu stroje od středu objektivu s,
vzdálenost ohniska F od středu stroje $c = f + s$,
vzdálenost latě od ohniska F d_1 a
vzdálenost latě od středu stroje d.

Při správném zaměření na lať musí být vyhověno rovnici čočky

$$\frac{1}{d_1 + f} + \frac{1}{z} = \frac{1}{f}. \tag{1}$$

Z $\triangle\, N''_1FN''_2 \sim \triangle\, N'_1FN'_2$ plyne

$$p : f = l : d_1 \text{ čili } d_1 = \frac{f}{p} \,.\, l. \tag{2}$$

Vzdálenost latě od stroje je dána výrazem

$$d = d_1 + c = \frac{f}{p} l + c = k \,.\, l + c$$

nebo

$$d = d_1 + f + s = \frac{f}{p} l + f + s = k \,.\, l + c. \tag{3}$$

Výraz pro k se označuje jako násobná konstanta a veličina c jako součtová konstanta.

Úhel $N'_1FN'_2 = \vartheta$ je pro daný dalekohled stálý a čím je lať dále od stroje, tím vytínají průměty nití na lati větší úsek. V odvozených výrazech se neuplatňuje ohnisková vzdálenost okulárové čočky a proto lze nahraditi čočku okulárem Ramsdenovým nebo orthoskopickým. Pro Huygensův okulár platí při výpočtu násobné konstanty jiný vzorec. Tohoto okuláru se však u tacheometrů málo užívá.

Ohnisko F sluje analaktickým bodem a paprsky, promítající nitě, svírají v něm stálý úhel ϑ. Z $\triangle\, ON''_1F$ plyne

$$f : \tfrac{1}{2}p = \operatorname{cotg} \tfrac{1}{2}\vartheta,$$

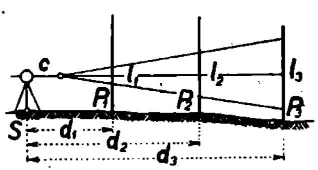
z čehož

$$k = \frac{f}{p} = \tfrac{1}{2} \operatorname{cotg} \tfrac{1}{2}\vartheta \tag{4}$$

a pro $k = 100$ činí $\vartheta = 34' \, 23''$.

Vloží-li se do dalekohledu další čočka a dalekohled se upraví tak, aby vzdálenost čočky od objektivu byla stálá, lze docíliti toho, aby vrchol úhlu ϑ padl do středu stroje. Čočka se pak nazývá analaktickou a při zaostřování na lať se musí pohybovat objektiv i s čočkou. Takový dalekohled sestrojil Inž. *Porro*. Těmto dalekohledům se říká analaktické a odpadá u nich součtová konstanta. Při výpočtu se užívá jednoduchý vzorec $d = k \cdot l$. Vložením analaktické čočky do dalekohledu se mírně pozmění zvětšení dalekohledu a zeslabí částečně světelnost.

Násobná konstanta se volí nejčastěji rovná 100 a ve zvláštních případech se volí též 50 nebo 200. Součtová konstanta je závislá na velikosti stroje. Obě konstanty se dají určiti nebo přezkoušeti přímým měřením. V rovném území (na dlažbě a pod.) se zvolí v přímce body S, P_1, P_2, P_3 atd. (obr. 102). Vzdálenosti $d_1 = SP_1$, $d_2 = SP_2$, $d_3 = \ldots$ se změří pásmem. Délky d_n se volí různě dlouhé, ku př. $d_1 = 20$ m, $d_2 = 60$ m, $d_3 = 100$ m. Tacheometr se postaví nad bodem S, dostředí a urovná se. Pomocník drží svisle lať v bodě P_1 a při vodorovně urovnané nivelační libele se odečtou na lati údaje podle horní a dolní nitě. Pomocník pak přejde postupně na další body.



Obr. 102. Určení konstant tacheometru.

Jsou-li měřeny jen dvě délky nebo z měřených hodnot se užijí k výpočtu vždy jen dvě, máme mezi nimi vztahy

$$k \cdot l_1 + c = d_1, \tag{5}$$
$$k \cdot l_2 + c = d_2, \tag{6}$$

odečtením (5) od (6) rovnice obdržíme

$$k \cdot (l_2 - l_1) = d_2 - d_1,$$

z čehož

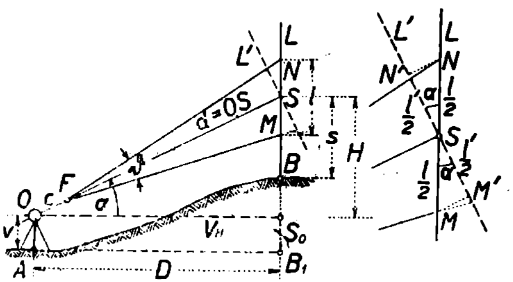
$$k = \frac{d_2 - d_1}{l_2 - l_1} \tag{7}$$

a velikost součtové konstanty se obdrží po dosazení za k do rovnic (5) nebo (6)

$$c = d_1 - k \cdot l_1 = d_2 - k \cdot l_2. \tag{8}$$

Je-li změřeno více délek než dvě, lze obě konstanty stanoviti podle zásad vyrovnávacího počtu. Výsledky se ještě zlepší, změří-li se každá délka d_n vícekráte pásmem a do počtu se dosadí aritmetický průměr výsledků měřené délky.

Pavučinová vlákna jsou u novějších strojů nahrazena jemnými ryskami na skle, které je upevněno ve clonce. Horní



Obr. 103. Měření tacheometrem se skloněnou záměrou.

i dolní ryska musí být ve stejné vzdálenosti od střední rysky a současně vzdálenost horní rysky od dolní (dálkoměrných rysek) musí odpovídat násobné konstantě $k = 100$.

Základní rovnice $d = k \cdot l + c$ nebo $d = k \cdot l$ platí pouze pro vodorovné záměry a lať drženou přesně svisle. Musí-li se zaměřovat na lať pod úhlem výšky nebo hloubky, je třeba vzorce upravit (obr. 103). Uvažujme případ, kdy je zaměřeno pod úhlem výšky α, který platí pro střední niť. Nitě se promítají do poloh N, S a M na lati a vzdálenost MN je laťový úsek l. Kdyby lať byla kolmá ke střední záměře OS, byl by na ni odečten úsek $l' = N'M'$. Jeho velikost se dá vypočísti z $\triangle SNN'$, který považujeme za pravoúhlý u vrcholu N', neboť úhel u N' se liší od pravého o $\frac{1}{2}\vartheta \doteq 17'$. Tu platí

$$\tfrac{1}{2}l' = \tfrac{1}{2}l \cos \alpha .$$

Obdobně je tomu v $\triangle\ SMM'$ a vzhledem k oběma trojúhelníkům lze psát

$$l' = l \,.\, \cos\alpha. \tag{9}$$

Délka skloněné záměry se rovná

$$d = k \,.\, l' + c = k \,.\, l \,.\, \cos\alpha + c. \tag{10}$$

Vodorovná vzdálenost $D = OS_0 = AB_1$ je redukovanou vzdáleností ve vodorovné rovině a rovná se

$$\boxed{D = d \,.\, \cos\alpha = k \,.\, l \,.\, \cos^2\alpha + c \,.\, \cos\alpha} \tag{11}$$

a výškový rozdíl

$$H = d \,.\, \sin\alpha = k \,.\, l \,.\, \cos\alpha \sin\alpha + c \,.\, \sin\alpha. \tag{12}$$

Pro běžné účely tacheometrické se vzorce (11) a (12) zjednodušují tím, že se položí $c \,.\, \cos\alpha \doteq c \,.\, \cos^2\alpha$, neboť rozdíl tím plynoucí nepřesahuje v běžných případech 4 až 5 cm a to je v mezích přesnosti tacheometrického měření. Tím se vzorce pozmění na

$$D = (k \,.\, l + c) \cos^2\alpha, \tag{13}$$

$$\begin{aligned} H = D \,.\, \operatorname{tg}\alpha &= (k \,.\, l + c) \sin\alpha \cos\alpha = \\ &= \tfrac{1}{2} (k \,.\, l + c) \sin 2\alpha. \end{aligned} \tag{14}$$

Označíme-li výraz $(k \,.\, l + c) = d_0$, obdržíme po dosazení do (13) a (14)

$$\boxed{\begin{aligned} D &= d_0 \cos^2\alpha, & (15)\\ H &= \tfrac{1}{2} d_0 \sin 2\alpha. & (16) \end{aligned}}$$

Stejné výrazy dostaneme v případě, kdy bylo na lať zaměřeno pod hloubkovým úhlem. Do vzorců se dosadí úhel se záporným znamením. Délka vyjde vždy kladná a výškový rozdíl bude záporný. Platí proto odvozené vzorce (11) a (12) nebo (13) a (14), případně (15) a (16) všeobecně a při dosazování funkce úhlu je třeba jen bráti zřetel na znaménko úhlu.

Výška bodu B se vypočte následovně:

K výšce bodu A se připočte výška stroje v, tím se obdrží výška horizontu stroje $V_H = V_A + v$. Dalším připočtením výškového rozdílu H se obdrží výška bodu S na lati a odečtením údaje s (střední nitě) se získá výška bodu B. Bude tudíž

$$V_B = V_H + H - s = V_A + v + H - s. \qquad (17)$$

Při hloubkovém úhlu vyjde H záporně a dosadí se do výrazu s příslušným znamenkem.

K výpočtu vzdáleností a výškových rozdílů se mnohde užívá tacheometrického pravítka. To však není tak přesné a poskytuje výsledky s nestejnou přesností a proto se dává přednost tacheometrickým tabulkám, jež jsou sestaveny pro šedesátinné a setinné dělení.

V tabulkách *Ant. Prokeše* „*Táta*", pro setinné dělení, jsou údaje sestaveny po desítkách metrů s krokem funkcí po 1 cg. Tacheometrický vzorec (11) je pro tabulkování upraven na výraz

$$k \,.\, l \cos^2 \alpha = kl - kl\,(1 - \cos^2 \alpha) = k \,.\, l - k \,.\, l \,.\, \sin^2 \alpha$$

a vzorec zní

$$D = k \,.\, l - k \,.\, l \,.\, \sin^2 \alpha + c \,.\, \cos \alpha.$$

Výraz (12) je v tabulkách bez další úpravy.

(Obr. 104.) Výška stroje nad bodem se odměří pomocným pásmem, jež tvoří součást stroje a jeho délka je již zkrácena o vlastní výšku stroje nad závěsem olovnice a o průměr pouzdra a délku hrotu. Po zavěšení do háčku pro olovnici se pásmo odvine tak, až se hrot dotýká povrchu značky bodu (kamene, kolíku). Není-li takové pásmo po ruce, užije se svinovacího dvojmetru, jehož počátek se dotýká povrchu značky a odečteme u středu otáčecí osy dalekohledu.

Obr. 104. Pásmo k měření výšky stroje.

Při měření s vodorovným dalekohledem je výškový úhel roven nule a v tomto případě se výpočet zjednoduší, neboť $H = 0$ a vodorovná vzdálenost $D = k \,.\, l + c$. Též výpočet výšky bodu je jednodušší, neboť

$$V_B = V_A + v - s = V_H - s.$$

Při měření s vodorovným dalekohledem se vlastně provádí geometrická nivelace kupředu s optickým měřením vzdáleností. Tu se zjednoduší výpočty i měření v poli a proto se pod vodorovnou měří vždy, kdykoli to je jen možné.

Odčítání dálkoměrných nití. Při měření pod úhlem výšky nebo hloubky se nastavuje prvá dálkoměrná niť, která se v dalekohledu jeví jako horní, na celý metr nebo decimetr. Tím se usnadňuje čtení podle dolní dálkoměrné nitě, neboť horní niť se dá stále ovládati drobnoměrným šroubem svislé ustanovky. Poněvadž se při měření může nivelační lať, v tomto případě tacheometrická, pohybovati, je dobře si zvyknouti na současné čtení všech tří nití. Podle nivelační čili střední nitě se čtou údaje na lati jen na centimetry, kdežto údaje podle dálkoměrných nití je nutno čísti na milimetry, neboť 1 mm laťového úseku znamená již odchylku 10 cm. K usnadnění a zrychlení odčítání je proto výhodné, nastavovati horní dálkoměrnou niť na celý, předem volený dílek a v témže okamžiku přečísti údaj podle dolní nitě.

U důležitějších bodů se čtou všechny tři nitě, u méně důležitých stačí čísti jen údaje podle dálkoměrných nití a jejich aritmetický průměr se považuje za čtení podle střední nitě. Odčítá-li se též střední (nivelační) niť, je tím dána kontrola čtení podle dálkoměrných nití.

Někdy se postupuje též tak, že se nastavuje horní dálkoměrná niť na celý metr, odečte se údaj podle dolní nitě a do zápisníku se zapíše jen délka laťového úseku a údaj nivelační nitě. Je řada různých způsobů v měření a odčítání nití, jichž hlavním cílem je zrychlení polních i kancelářských prací, neboť počet zaměřených bodů je vždy veliký.

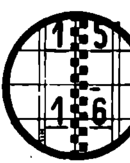
Obr. 105 ukazuje odčítání na lati. Údaje jsou: podle horní nitě 1500, podle střední nitě 1544 a podle dolní nitě 1589. Laťový úsek se rovná 0,089 m.

Po odečtení nití se přečte vodorovný a po něm svislý úhel. Všechny údaje se zapisují hned do zápisníku.

Zvláštní ulehčení kancelářských prací nastává, když se nivelační niť nastavuje na údaj rovný výšce stroje, zaokrouhlené na nejbližší decimetr. Tu je $s = v$ a výška bodu se rovná

$$V_B = V_A + H.$$

Výšku stroje lze na lati označiti gumovou páskou, obepínající lať nebo drátem upevněným na vhodném běhounu.



Obr. 105. Čtení na lati: 1500, 1544, 1589.

Stanovisko, výška stroje v stanoviska V horizontu V_H	Bod	Čtení na lati podle nitě: horní	střední	dolní	Úhel vodorovný °	′	Úhel svislý °	′	Laťový úsek l
1	2	3	4	5	6		7		8
B	A	1000	1874	2748	45 225	31 31	359	41	1,748
v = 1,41 V_B=352,63	K	1000	2225	3450	180 0	57 57	0	22	2,450
V_H=354,04	C	—	3000	3973	245 65	12 12	0	31	1,946
	36	2000	—	2732	48	50	359	19	0,732
	37	1000	—	2483	55	20	0	11	1,483
	38	2000	—	2219	62	13	0	08	0,219
	39	3000	—	3623	66	31	357	48	0,623
	40	2000	—	2451	67	21	352	56	0,451

Vysvětlivky k zápisníku. Do sloupce 1 se zapíše označení stanoviska, výška stroje nad bodem, výška bodu a výška horizontu stroje. Ve sloupci 2 se uvedou nejdříve čísla tachymetrických stanovisek, jež slouží k usměrnění měření, pak čísla bodů tachymetricky zaměřených. Ve sloupci 3, 4 a 5 se zapisují údaje podle nití na lati, u důležitých bodů se odečtou všechny tři nitě, u podružných jen dálkoměrné nitě. Kde nelze některou nit pro překážky číst, odečte se jen střední a jedna dálkoměrná. Laťový úsek se pak násobí dvěma. Ve sloupci 6 a 7 se zapisují vodorovné a svislé úhly, při čemž vodorovné úhly na důležité body se zaměřují v obou polohách dalekohledu. V 8. sloupci se zapíše délka laťového úseku. Uvedené sloupce se vyplňují v poli. V kanceláři se vypočtou údaje pro další sloupce 9 až 14 podle vzorců, jež jsou uvedeny v záhlaví zápisníku. V posledním 15. sloupci se kromě výšek stanovisek, zjištěných nivelací, uvede druh a číslo užitého stroje, počasí, poukazy na další zápisníky atd.

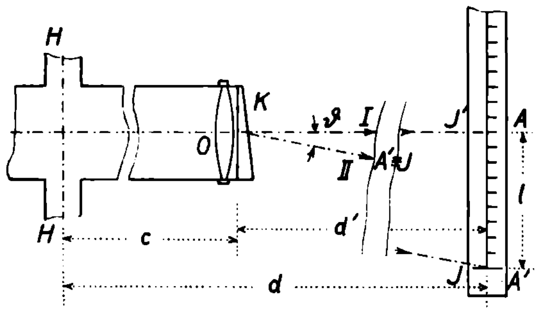
($k = 100$, $c = 0{,}40$ m).

Vzdálenost		Výškový rozdíl $H = \frac{1}{2}D \sin 2\alpha$	Čtení na střední niti s	Rozdíl $H - s$	Výška bodu $V = V_H + H - s$	Poznámka
$d_0 = kl + c$	vodorovná $D = d_0 \cos^2 \alpha$					
9	10	11	12	13	14	15
			($V_H =$	354,04)		
175,2	175,2	—0,97	1,87	—2,84	351,20	$V_A = 351{,}21$
245,4	245,4	+1,57	2,22	—0,65	353,39	$V_K = 353{,}40$
195,0	195,0	+1,76	3,00	—1,24	352,80	$V_C = 352{,}79$
73,6	73,6	—0,88	2,37	—3,25	350,79	Stroj:
148,7	148.7	+0,47	1,74	—1,27	352,77	Tacheometr
22,3	22,3	+0,05	2,11	—2,06	351,98	Fričův č.
62,7	62,6	—2,40	3,31	—5,71	348,83	$k = 100$ $c = 0{,}40$ m
45,5	44,8	—5,47	2,23	—7,70	346,34	

Při měření na běžný tachymetrický bod se odčítá jen jeden vernier u vodorovného kruhu. Má-li stroj dva verniery, je dobře jeden zakrýt, aby nedošlo k omylům.

Zápisník. Tacheometrický zápisník obsahuje část polní a část kancelářskou. Zápisníků se užívá několik druhů a zde uvádíme druh nejjednoduššího zápisníku.

8,2. Dvojobrazový dálkoměr (obr. 106). Hlavní součástí dálkoměrného stroje je klínový hranůlek K, který je velikosti objektivu, před kterým se těsně umístí tak, aby kryl jeho dolní polovinu nebo střed. Hlavní zobrazovací paprsek (osový) I se po průchodu klínkem lomí do směru II pod úhlem ϑ. Při zaměření na vodorovnou lať dalekohledem vyzbrojeným optickým klínkem, objeví se v zorném poli dalekohledu dva obrazy latě, jichž stupnice jsou oproti sobě pošinuty. Osový paprsek I, který klínkem neprochází, nemění



Obr. 106. Náčrtek dálkoměrného stroje s latí.

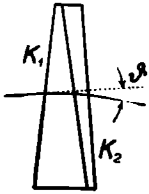
směr a dopadá na lať v bodě A. V zorném poli dalekohledu splynou oba paprsky I a II a tak vidíme, že oba obrazy téže latě se překrývají.

Je-li lať opatřena dvojí stupnicí, z nichž jednu nahraďme jen ukazatelem J (obr. 107), posune se obraz ukazatele do

Obr. 107. Náčrtek latě s indexem.

směru hlavního paprsku jdoucího bodem A (obr. 106). Poloha posunutého ukazatele J' udává délku laťového úseku l, který se zřetelem k dálkoměrnému úhlu ϑ dává výraz pro výpočet délky $d' = l \,.\, \mathrm{cotg}\, \vartheta$. Stálý dálkoměrný úhel ϑ závisí na skosení klínku a lámavosti n optického skla. Aby se zamezilo dispersi paprsků, sestavuje se achromatický hranol jako kombinace dvou klínů z různých druhů skla (obr. 108). Klín K_1 je broušen ze skla korunového a klín K_2 ze skla flintového. Spojení obou klínů musí dávat achromatický klín s paralaktickým úhlem $\vartheta \doteq 34' 23''$, jehož kotangenta se rovná 100. Je to vlastně týž úhel jako u nitkových tacheometrů. Dálkoměrný úhel způsobuje posun ukazatele J po druhé stupnici laťové tak, že 1 cm na lati přísluší vzdálenost 1 m. Vzdálenost latě od klínku d' se rovná

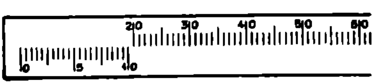
$$d' = 100 \cdot l.$$



Obr. 108. Achromatický hranol dálkoměrný.

Připočtením úseku c mezi klínkem a středem stroje se získá délka d, jež je vzdáleností mezi latí a středem stroje, takže $d = d' + c$. Aby výpočty byly jednoduché, provádí se další úprava. Poloha ukazatele J na lati se posune z původní polohy, totožné s nulou laťové stupnice, o hodnotu $\frac{1}{100}c = c'$ dovnitř stupnice. Na lati pak čteme úsek větší o hodnotu c' a stonásobná hodnota je správnou délkou mezi latí a středem stroje.

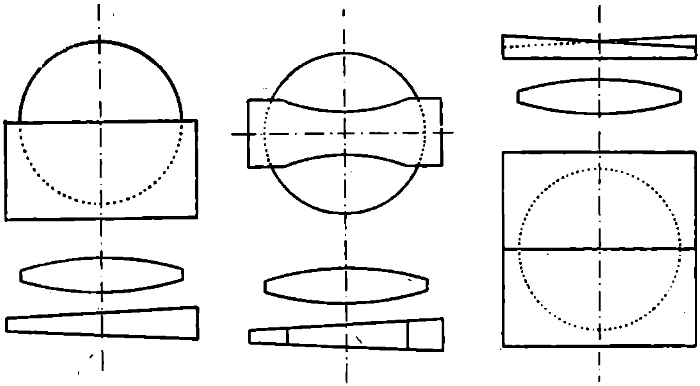
Místo ukazatele se však užívá vernieru (obr. 109). Obě stupnice jsou na lati tak umístěny, že hlavní měřítko je



Obr. 109. Náčrtek latě s vernierem.

v horní a vernier v dolní části laťové plochy. K lepší viditelnosti jsou dílky vyznačeny bílou barvou na černém pozadí a kvůli převracujícím vlastnostem objektivu je vernier umístěn na pravé straně latě a číslování provedeno od pravé ruky k levé.

Dvojobrazových dálkoměrů je několik druhů, z nichž některé jsou opatřeny klínky zakrývající pouze jednu polovinu objektivu, jak ukazuje obr. 110a nebo zakryje střední část objektivu, jak představuje obr. 110b, anebo se před objektiv vloží dva klínky, z nichž každý zakrývá polovinu objektivu a lámavé plochy každého z nich jsou opačně umístěny, jak ukazuje obr. 110c. V tomto případě má každý z klínků pouze poloviční účinek čili odchyluje osový paprsek o úhel $\frac{1}{2}\vartheta$.



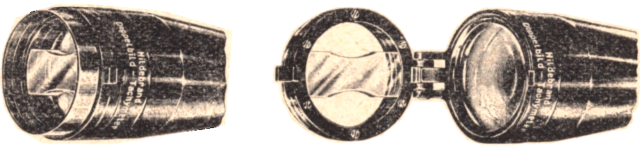
a) b) c)

Obr. 110. Různé druhy optických klínků.

V dalším bude popsán nejjednodušší dvojobrazový dálkoměr Arregerův, který je vyráběn několika geodetickými závody a který skýtá velmi uspokojivé výsledky.

Arregerův dvojobrazový dálkoměr (obr. 111a, b). Hranůlek je vmontován do prstence, který je kloubově spojen s dalším volným prstencem, opatřeným šroubovými závity, jimiž se upevní na zvláště upravenou objímku dalekohledového objektivu. Prstenec s hranůlkem se dá odklopit od objektivu a tím nevadí při měření vodorovných úhlů. Po přiklopení k objektivu tak, aby hranol byl těsně před objektivem, zakryje polovinu vstupního otvoru a v této poloze se dají měřit délky. Oba obrazy, vůči sobě pošinuté, jsou stejně jasné.

Dálkoměrná lať (obr. 112). Dálkoměrná lať se staví na jednoduchý stojánek, ve kterém se urovná do vodorovné polohy a kolmo k záměře. Na vrchní části stojánku pod latí buď



a) b)

Obr. 111. Arregerův dvojobrazový dálkoměr
a) přiklopený, b) odklopený.

přesně v ose stojánku nebo stranou je umístěn dioptr čili průzor, kterým je možno zaměřiti směrem ke stroji a tak umístit lať kolmo k záměře. Průzor s latí se otáčí tak dlouho, až se v dioptru objeví obraz objektivu dálkoměrného stroje nebo olovnice. Při pozorování dioptrem se uvolní upevňovací šroub, lať se natočí do žádoucí polohy a znovu se šroub utáhne. Polohu latě lze pozorovati též od stroje tím, že po zaměření dalekohledem na dioptr, musí být vidět světlý křížek. Postačí, když v dalekohledu svítí svislé rameno křížku. Dělení latě je provedeno na pásce z invaru, která je stejnoměrně napínána pérem. U nulového bodu, který není na stupnici vyznačen, začíná 20dílný vernier, posunut o součtovou konstantu c'. Lať má dva verniery. Hlavní měřítko stupnice

Obr. 112. Dálkoměrná lať.

je děleno po centimetrech a počáteční dílky od 0 do 20 jsou vynechány pro umístění obou vernierů. Skutečná délka dílků není přesně centimetrová, neboť velikost dílků závisí též na skosení hranůlků a přesnosti, s jakou se podařilo vybrousiti dálkoměrný úhel ϑ. Odchylka násobné konstanty od 100 se odstraní tím, že se mírně změní velikost centimetrového dílku. Podle vernieru se čte na lati s přesností od 1 do 3 cm. Prvního vernieru se užije k čtení do 100 metrů a druhého u délek přes 100 metrů. Proto má druhý vernier u nulového dílku udání +30, což znamená, že se k čtené vzdálenosti musí připočísti 30 m. Prvého vernieru se užije též k měření délek do 20 m a to podle pomocné značky, umístěné za posledním dílkem prvého vernieru, označené buď krátkou čárkou nebo značkou písmene *T*. Příslušná čtení podle této značky se musí zmenšit o 20 m. Při čtení je nutno dáti pozor, který dílek vernieru se kryje s dílkem hlavního měřítka a v případě, kdy se dílky nekryjí, stanoví se poloha ideálního dílku, který by se kryl se středem centimetrového dílku laťového. Od hodnoty vernierového dílku se nato odečte 0,50. K čtení délek kratších než 20 m se užívá často pomocného měřítka, které se zavěsí na vyznačeném místě do háčků na lať a podle něho se čte. Kde nejsou územní překážky, změří se délky do 20 m pásmem přímo.

Před měřením se objímka s klínkem natočí na objektivovou objímku dalekohledu, opatřenou závity tak, aby rovina hlavního řezu hranolu procházela vodorovnou hranou latě. Není-li tomu tak, objeví se mezi obrazy obou stupnic spára nebo překryt a tím je ztíženo čtení. Správný dotyk obrazů obou stupnic se docílí pootočením objímky s hranolem čili dalším našroubováním nebo povolením na objektivové objímce dalekohledu.

Arregerova optického klínku užívají a své úhloměrné stroje k našroubování dálkoměru upravují různé geodetické závody jako: Frič, Srb a Štys, Hildebrand, Zeiss, Kern, Wild a jiní.

Jednonohý stojan k upevnění latě při měření se staví svisle a přímo na zaměřovaný bod. Podpírá se dvěma vzpěrami, aby poloha latě ve vodorovné poloze byla zajištěna. Stojan slouží přímo za výtyčku k měření vodorovných úhlů. Při měření vodorovných úhlů je hranol odklopen, při měření vzdálenosti a výškového úhlu se hranol přiklopí k objektivu. Nato se čte vzdálenost a výškový úhel.

Lať se dá upravit do různé výšky na stojanu, který je opatřen centimetrovým dělením a poloha latě na stojanu se dá odečísti. Dá se proto užít dálkoměrné soupravy i k výškovému měření. Lať se upevňuje na stojanu ve výši rovné výšce stroje nad stanoviskem a není-li to možno, musí se poloha latě na stojanu odčítati. V neoznačených bodech území, kde by hrot stojanu zapadl hluboko do země a tím by trpěla přesnost v určení výšky bodu, užije se rovné podkladné destičky.

Dálkoměrného hranolu se dá užíti u všech theodolitů, jichž objektivový prstenec je opatřen závitem k upevnění optického hranolu. K výzbroji patří dálkoměrné zařízení s hranolem, dvě invarové dálkoměrné latě, dva stojany se stojanovou hlavicí a dva dioptry.

Obr. 113 ukazuje způsob odčítání na lati. Čtení je 41,35 m. Odčítá se stejně jako na každém měřítku podle vernieru.

Obr. 113. Čtení na lati: 41,35 m.

Odečtená vzdálenost je šikmá délka d'. Na vodorovnou se převede podle vzorce $d = d' \cdot \cos \alpha$. Výškový rozdíl je dán výrazem $H = d' \cdot \sin \alpha$. Též lze užít rozdílu mezi šikmou a vodorovnou délkou

$$\Delta d = d' (1 - \cos \alpha) = d' \cdot 2 \sin^2 \tfrac{1}{2}\alpha,$$

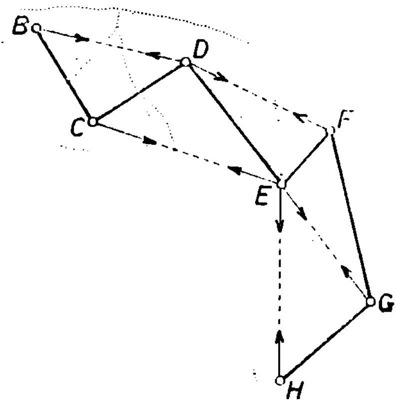
takže

$$d = d' - \Delta d.$$

K výpočtu lze užít redukčních tabulek nebo pravítka.

Dvojobrazový dálkoměr není tak výkonný jako nitkový tacheometr a proto se nenazývá tacheometrem. Poskytuje však výsledky mnohem přesnější.

8,3. Polní práce. Tacheometrické měření se koná za účelem sestrojení vrstevnicového plánu určité části území. Někdy se



Obr. 114. Trojúhelníkové spojení tacheometrických stanovisek.

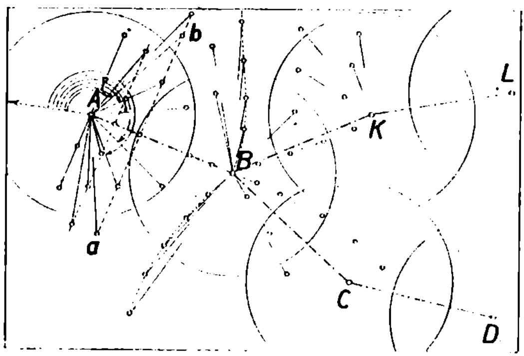
vystačí s jediným stanoviskem, jindy je třeba mnoha stanovisek. Jde-li o úzký pruh území, pro nějž má být vypracován návrh nějaké zemní stavby, zvolí se polygonový pořad, jehož body slouží za stanoviska tacheometrického stroje. Zaměřuje-li se pruh území kolem nějakého vodního toku, volí se za stanoviska body ležící po obou stranách toku a úhlově se spojí v trojúhelníky, aby byla získána pevná kostra a kontrola měření (obr. 114). Je-li po ruce již plán obsahující měření konané ve smyslu vodorovném, pak stačí polní práce omeziti jen na výškové měření, při čemž se délkově a výškově zaměří jen ty body, které nejsou na plánu zobrazeny a jsou význačné pro vystižení správného tvaru území. V mnohých případech se polní měření omezuje jen na zobrazení cest, vodních toků, jichž hranice se zaměří polohově i výškově a v nejbližším okolí zamýšlené stavby se zaměří jen body, v nichž se tvar území mění. Při rozsáhlejším měření se užije katastrální mapy, na níž je zobrazení bodů dáno ve smyslu vodorovném a mapa se doplní výškovým měřením.

Podle rozsahu se rozvrhnou polní práce. Při měření se vyjde vždy od dobře založené a zaměřené polygonové sítě. Tam, kde není polygonová síť vybudována, založí se polygonový pořad nebo síť v potřebném rozsahu a připojí se na trigonometrické body nebo na body určené protínáním, případně na jiné body určené v souřadnicích. Není-li takových bodů, připojí se polygonové pořady na pevné body, zobrazené v katastrální mapě a vzhledem k nim se polygonové pořady propočtou a zobrazí na mapě.

Délky polygonových stran se měří pásmem nebo opticky a úhly se měří v jedné skupině. Výškově se polygonová síť připojí na bod přesné nivelace a geometrickou nivelací ze středu se stanoví výšky všech bodů polygonových. Není-li v okolí bodů přesné nivelace, zvolí se jeden vhodný bod za základní a to zpravidla ten, který má nejnižší výšku. Jeho výška se zvolí rovna 0 nebo 100 m a pod. Tak se obdrží prostorová kostra pro tacheometrické měření.

Při volbě stanovisek se dbá toho, aby body vévodily svému okolí a bylo z nich možno zaměřit všechny význačné body v území. Nejvýhodnější stanoviska jsou na vyvýšených místech v okolí cest a mezí, odkud je volný rozhled dokola. Nevystačí-li se s polygonovými body, zvolí se během měření další tacheometrická stanoviska, jež se na dobu měření vyznačí silnějšími kolíky. Kolíky se zarazí do země tak, aby nepatrně vyčnívaly ze země. Každý polygonový bod a tacheometrické stanovisko se označí římskými číslicemi nebo písmenami velké abecedy pokud body nebyly již očíslovány. Číslo kolíku se píše buď na pomocný kolík, nakloněný směrem k dalšímu kolíku, nebo se číslo napíše na vlastní kolík stanoviska, jehož horní část se k tomu účelu seřízne.

Po vybudování polygonového pořadu nebo sítě se počne s vlastním měřením. Úhloměrný stroj se postaví na stanovisko, dostředí se a urovná. Hned se změří výška stroje v a zapíše do zápisníku. Na sousední polygonové body se postaví výtyčky a změří se vodorovné úhly v obou polohách dalekohledu, aby byla získána kontrola měření (obr. 115). Při tom se jeden z polygonových bodů zvolí za počáteční směr úhlového měření. Nato pomocník staví lať postupně na jednotli-



Obr. 115. Polygonová síť jako podklad tacheometrického měření.

vé body omezníkované i na body neomezníkované, v nichž se tvar území mění. Vodorovné úhly se měří jen v I. poloze dalekohledu. Po odečtení latě podle nití, přečte se výškový úhel a nato vodorovný úhel. Všechny údaje se hned zapíší do zápisníku. Při měření se kreslí polní náčrt, do něhož v určitém měřítku zmenšení se podle úhloměru a odečtené vzdálenosti zakresluje poloha každého zaměřeného bodu. Každý bod se označuje číslem a číslo bodu v náčrtu musí souhlasit s číslem bodu v zápisníku měřených úhlů a délek. Číslování počíná jedničkou a končí tisícovkou, nato se číslování opakuje u vzdálenějších stanovisek, aby nenastal omyl. Za polní náčrt se znamenitě hodí upravený otisk katastrální mapy, nalepený na tvrdé lepence. Na takovém polním náčrtu se poloha nově zaměřovaných bodů snadno odhaduje vzhledem k zobrazeným bodům na otisku mapy. Na polním náčrtu se vyznačují jednak hranice pozemků a různých předmětů měření, jednak se k vystižení správného tvaru území může vyznačiti průběh vrstevnic nebo se spád území zobrazí šrafami.

K správnému vystižení tvaru území se určuje poloha všech význačných bodů na kosterních čarách a v jejich sousedství, zvláště ve směrech k nim kolmých. Proto se volí polygonové nebo tacheometrické pořady, pokud možno, ve směru kosterních čar. Kosterními čarami jsou údolnice, hřbetnice, hrany a význačnější spádnice čili spádové čáry. Jmenované čáry rozdělují topografickou plochu na význačné díly a tvoří zobrazovací kostru. Spádové čáry jsou kolmé k vrstevnicím. Vrstevnice jsou místopisně uzavřené křivky, jež vzniknou jako průsečnice vodorovných rovin nebo kulových ploch se zemským povrchem. Spojují body téže nadmořské výšky.

V mapách se vyznačují jen ty vrstevnice, jichž výšky jsou dělitelné vrstevní výškou, kterou zpravidla volíme. K podrobnému vystižení tvaru územního, zvláště rovinatého, je třeba volit další vrstevnice v mezích vrstevnicové výšky, jež se vyznačí jen v potřebné délce. Tyto se jmenují vodorovnými čili horizontálními čarami.

Při měření se území rozdělí v řadu příčných profilů, zhruba kolmých k polygonovým stranám, v místech, kde se území výškově mění. U příčného profilu se zaměří každý bod význačný pro vystižení povrchové čáry. Doporučuje se proto spojovati na polním náčrtu čárkovaně jen ty zaměřené body, jichž spojnice se v přírodě dotýkají v celé své délce zemského povrchu a mezi nimiž se po zobrazení na plánu smí provésti interpolace vrstevnic. Nesmí se spojovati body, jichž spojnice jdou buď nad povrchem nebo zase protínají zemský povrch.

Kreslič polního náčrtu zavádí jednoho nebo dva pomocníky s latěmi na zaměřované body a hlásí každý pátý nebo desátý bod, aby byl získán souhlas v číslování bodů v polním náčrtu se zápisníkem úhlů a délek.

Počet zaměřovaných bodů je závislý na měřítku mapy nebo plánu a na nepravidelnosti území. Pro mapy menších měřítek se vystačí s menším počtem, kdežto pro mapy velkých měřítek je nutno zaměřiti na téže ploše velký počet bodů, aby vyšetřované vrstevnice mohly být sestrojeny s přesností úměrnou měřítku mapy. Množství bodů se volí takové, aby povrch území, obsažený mezi zaměřenými body, mohl být považován za část šikmé roviny, v níž průklad čili interpolace vrstevnic lze provésti lineárně.

Po zaměření všech význačných bodů kolem stanoviska se přenese tacheometr na další stanovisko a děj se opakuje. Poněvadž polygonové strany mohou být 200 i 300 m dlouhé, zaměří se kolem stanoviska body asi do polovice délky polygonové strany. Další body se zaměří s druhého stanoviska. Přitom se dbá povahy území a okolností s kterého stanoviska se dá lépe měřit.

Podrobný postup polních prací pro různé účely je uveden v příručkách praktické geometrie, geodesie a topografie.

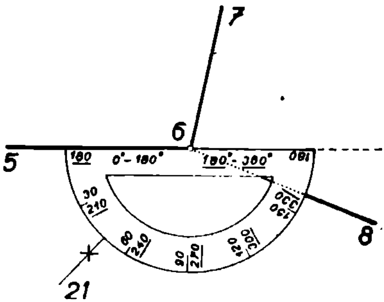
8,4. Zobrazování výsledků měření a sestrojování vrstevnic. Po vypočtení všech vodorovných délek a výšek bodů v tacheometrickém zápisníku, zakreslí se výsledky měření buď do otisku katastrální mapy nebo se vyhotoví samostatný plán.

Užije-li se k zobrazování otisku katastrální mapy, zakreslí se v ní nejdříve polohy všech stanovisek úhloměrného stroje. U map vyhotovených methodou měřického stolu se zákres provede podle místopisů, v nichž jsou stanoviska zaměřena vzhledem k pevným bodům na katastrální mapě. U map vyhotovených některou z číselných method se poloha stanoviska zakreslí podle souřadnic. Souřadnice musí být vypočteny v soustavě, v níž je vyhotovena katastrální mapa. Při zakreslování je nutno dbát srážky mapových listů katastrální mapy.

Vyhotovuje-li se samostatný plán jen podle výsledků polního měření, lze užíti k sestrojení různých způsobů. Buď se transportérem čili úhloměrem vynáší úhly a odměřují se délky podle pravítka nebo kružítka, nebo se zobrazování úhlů děje podle tangent vyjmutých z tabulek pro poloměr zvolené jednotky nebo se užije pravoúhlých souřadnic, vypočtených v určité soustavě zobrazovací dané nebo zvolené.

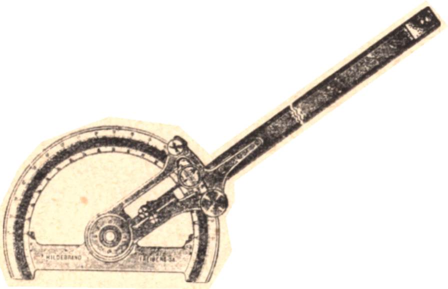
Zobrazování se koná na pevném a tuhém kreslicím papíru, který je často pro tyto případy podlepen plátnem. Po zobrazení všech polygonových bodů a doplňujících stanovisek tacheometrických se přikročí k zobrazování podrobného měření. Úhly se zobrazují podle papírového nebo celuloidového, případně podle kovového transportéru čili úhloměru (obr. 116). Úhloměr je půlkruh, opatřený na obvodu dělením na třetinu stupně a pod. Levosměrné číslování stupňů je provedeno černě od 0° do 180° a od 180° do 360° červeně tak, že černá 0° a červená 180° se ztotožňují. Nalevo i napravo od středu průměru je vyznačeno délkové měřítko, ve kterém plán sestrojujeme. Kovový úhloměr je opatřen často pohyblivým ramenem s vernierem, podle kterého lze odečísti úhly s přesností 1 minuty. Na rameni je délkové měřítko k odměřování vzdálenosti (obr. 117). Prodloužená hrana ramene musí procházet středem úhloměru.

Úhloměr se přiloží k nulovému směru, který byl při měření úhlů na stanovisku zvolen. Polygonové strany se prodlouží



Obr. 116. Přiložení úhloměru k zobrazeným směrům.

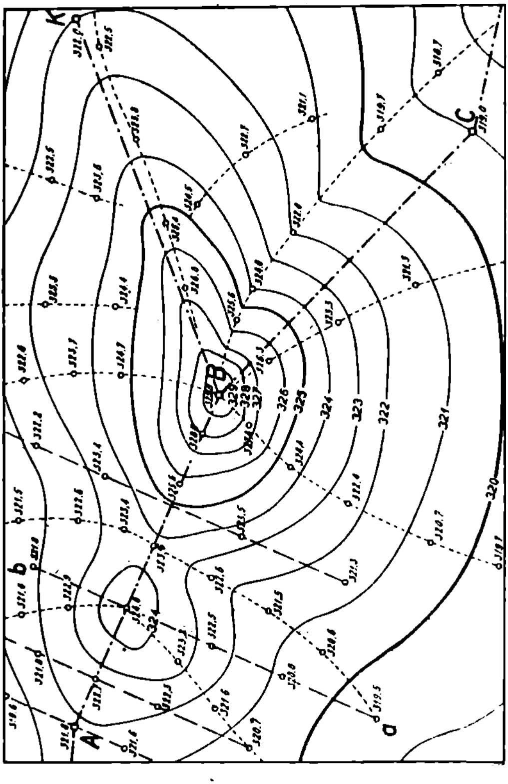
na opačné strany, aby poloha úhloměru mohla být kontrolována, zda byl správně přiložen podle údajů měřených úhlů mezi polygonovými stranami. Nato se vyznačí na plánu tužkou směry na podrobné body, v jichž prodloužení se odměří vodorovné vzdálenosti. Délkové i úhlové údaje čteme v zá-



Obr. 117. Hildebrandův kovový úhloměr s pohyblivým ramenem.

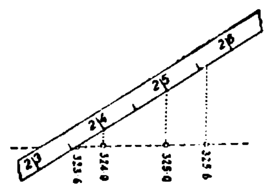
pisníku. U každého zobrazeného podrobného bodu připíšeme hnědou barvou výškové údaje, zaokrouhlené na decimetry. Po zobrazení všech bodů se spojí hranice pozemků, cest, vodních toků, stavení a pod. podle polního náčrtu.

Výškové údaje u bodů na plánu udávají prostorovou po-

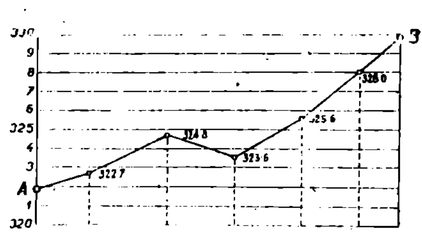


Obr. 118. Vrstevnicový plán.

lohu, avšak takový plán je nepřehledný. Přehlednost v prostorové poloze se získá sestrojením vrstevnic. K vyšetření jejich polohy užijeme sklopených profilů (obr. 118). Uvažujme část podélného profilu mezi body *A* a *B* a to mezi body o výšce *323,6* a *325,6*. Tato spojnice se v přírodě dotýká zemského povrchu v celé délce a lze na ni vyšetřiti body, jichž výšky jsou 324 m a 325 m (obr. 119). K bodu *323,6* se přiloží měřítko, třeba papírové s milimetrovým dělením tak, aby jeho údaj *23,6* se ztotožnil s bodem *323,6*. Směr měřítka volíme tak, aby spojnice údaje 25,6 na měřítku s bodem 325,6 protínala spojnici *323,6* — 325,6 pokud možno kolmo. Vedeme-li rovnoběžky ke spojnici *25,6* — *325,6* body *24* a *25* na měřítku, protnou profil *323,6* — *325,6* v bodech, odpovídajících celým metrům vyšetřovaných vrstevnic a to: *324* a *325*. Podobně se provádí průklad vrstevnic ve všech profilech. Jiné a obdobné řešení vrstevnic podává podélný profil *AB* v obr. 120 a příčný profil *ab* v obr. 121.

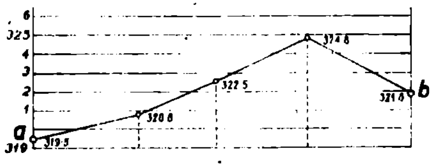


Obr. 119. Průklad vrstevnic.



Obr. 120. Průklad vrstevnic v podélném profilu *AB*.

Při kreslení vrstevnic se musí dbát též zákresu na polním náčrtu, který obsahuje kosterní čáry, důležité pro správné vystižení územního tvaru a spojnice bodů, mezi nimiž se provede interpolace. Interpolaci neprovádíme mezi body, které nejsou na polním náčrtu spojeny.

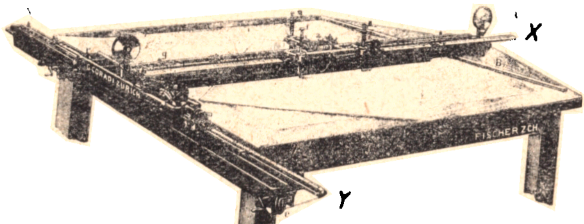


Obr. 121. Průklad vrstevnic v příčném profilu *ab*.

Ve vrstevnicovém plánu se dají řešit různé úlohy trasovací a výsledky vyznačeného návrhu opět odměřiti v území a tam vytyčiti.

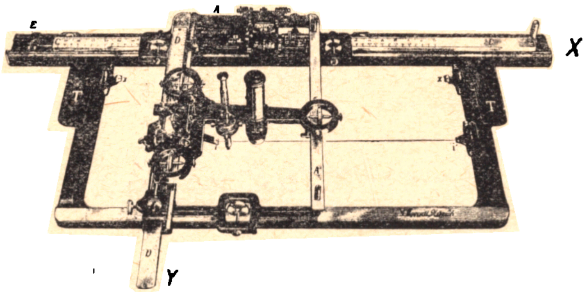
9. PŘÍSTROJE A POMŮCKY KE KRESLENÍ MAP A PLÁNŮ

K zobrazování bodů na mapách a plánech se dnes užívá řada různých odměřovacích přístrojů a pomůcek, přizpůsobených měřickým methodám. Odměřovací pomůcky se mezi sebou liší provedením, úpravou a velikostí i když jde o týž druh. Některá továrna na geodetické stroje vyrábí i několik vzorů téhož druhu odměřovacích (zobrazovacích) pomůcek.



Obr. 122. Corradiho velký přístroj souřadnicový.

Zobrazování sekčního pravoúhelníka a bodů podle souřadnic (obr. 122). K zobrazení rohů a význačných bodů sekčního pravoúhelníka na katastrálních mapách a bodů uvnitř i vně jeho plochy podle pravoúhlých souřadnic se užívá velikých souřadnicových přístrojů zvaných koordinátografy. Podstatnou částí všech velkých souřadnicových přístrojů jsou dvě pravítka k sobě kolmá, na nich jsou vyryty stupnice užívaných mapových měřítek. Pravítko *Y* je pevně spojeno s rýsovkou vynášecího stolu a pravítko *X* je pohyblivé. Na obou pravítkách jsou umístěny odčítací pomůcky, buď jako mikroskopy s mřížkou nebo jako odčítací bubínky. Pohyblivé pravítko *X* je těsněno k pevnému pravítku *Y* péry, působícími z druhé strany proti pravítku. Obě pravítka jsou přesně přímkově vybroušena a tím je pohyb pravítka X přesně rovnoběžný s každou před tím zaujatou polohou. Přítlačná část pravítka X má odčítací pomůcku, podle které se dá odečísti jeho poloha vzhledem k pravítku Y. Na pravítku X je pohyblivý můstek s odčítací pomůckou a píchací



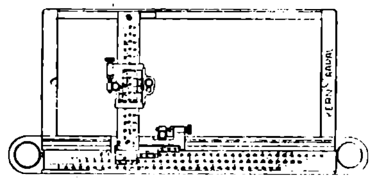
Obr. 123. Corradiho rámcový přístroj souřadnicový.

jehlou. Můstkem se dá pohybovati podél pravítka X a zastaviti v každé poloze jemným šroubem ustanovky. Podobná ustanovka je u odčítací pomůcky na pravítku Y. Pohybem pravítka X podél pravítka Y a pohybem můstku podél pravítka X se dá vyznačiti podle souřadnic poloha každého bodu na mapě nebo plánu.

Mnohé geodetické továrny vyrábějí velké vynášecí přístroje souřadnicové v několika provedeních.

Zobrazování bodů podrobného měření (obr. 123). Body zaměřené k měřickým přímkám úsečkou a pořadnicí se zobrazují podle malých rámcových přístrojů souřadnicových. Jde opět o dvě pravítka k sobě kolmá, z nichž je jedno asi 40 až 50 cm a druhé asi 10 až 20 cm dlouhé. Obě pravítka jsou k sobě kolmá. Pravítko X se klade rovnoběžně s měřickou přímkou podle značek na rámu tak, aby nula dělení na pravítku souhlasila s počátkem měřené přímky. Pravítko Y je na pohyblivém můstku, kterým se dá pohybovati přesně ve směru osy X a nula jeho dělení odpovídá poloze měřické přímky. Podél pravítka Y se pohybuje odčítací pomůcka s píchací jehlou. Pohybem můstku podél osy X a pohybem odčítací pomůcky podél osy Y se dá zobraziti každý bod zaměřený úsečkou a pořadnicí k měřické přímce.

Obr. 124 představuje rámcový přístroj souřadnicový firmy Kern v Aarau ve Švýcarsku, který pro svou jednoduchost nevyžaduje dalšího vysvětlení.



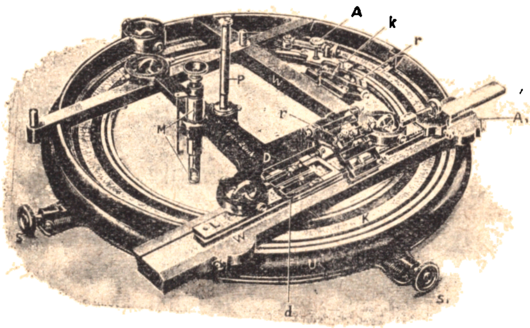
Obr. 124. Kernův rámcový přístroj souřadnicový.

Kromě rámcových přístrojů jsou v užívání pravítkové pomůcky odměřovací, sestávající z jednoho dlouhého pravítka, jež se klade rovnoběžně podle značek k měřické přímce a kolmo k němu se pohybuje kratší měřítko s píchací jehlou. Tak je sestrojen přístroj Čemusův a přístroj v úpravě Štefkově.

K zobrazování bodů zaměřených polární methodou se užívají polární souřadnicové přístroje. Jejich význačné součásti tvoří dělený kruh, na němž se odčítají úhly s přesností jedné minuty nebo i menší jednotky a pravítko se stupnicí pro odčítání délky směrů od středu kruhu.

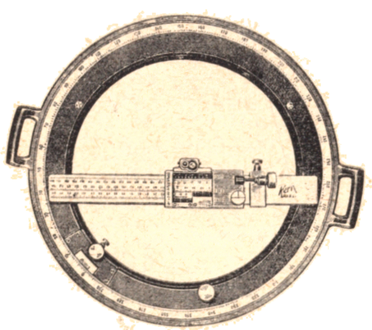
Obr. 125 představuje polárný koordinátograf firmy Corradi a obr. 126 přístroj od firmy Kern. Podobně jsou sestrojeny přístroje firmou Haag-Streit v Bernu a j.

Místo souřadnicových přístrojů se užívají hojně odměřovací trojúhelníky buď rovnoramenné (45°) nebo s úhlem 60°. Rovnoramennými trojúhelníky se dají zobrazovati délky ve směru obou odvěsen, kdežto u 60°-trojúhelníků se délky odměřují jen ve směru kratší odvěsny a rýsuje se podle delší odvěsny. Obr. 127 ukazuje 60° soupravu odměřovacích trojúhelníků od firmy Srb a Štys. Je-li jeden trojúhelník nahrazen délkovým pravítkem a trojúhelník je rovnoramenný,



Obr. 125. Corradiho polárný přístroj souřadnicový.

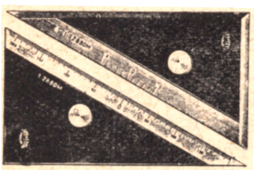
dají se takovou soupravou odměřovati délky ve směru obou odvěsen. Měřítko na pravítku nebo na přeponě trojúhelníka je větší než odpovídá příslušnému poměru a je závislé na kosinu úhlu trojúhelníka. Výhodou pravítka je, že může mít delší stupnici než je tomu u úhlopříčky trojúhelníka. Obr. 128 představuje soupravu pravítka a trojúhelníku od fy. Fennel v Kasselu.



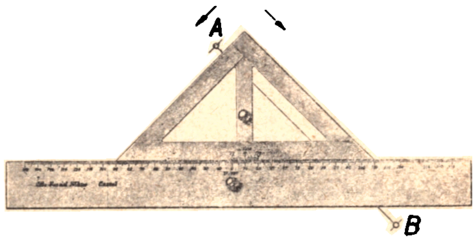
Obr. 126. Kernův polárný souřadnicový přístroj.

Asi 1 m dlouhé pravítko se stupnicí v určitém měřítku zmenšení a 60°-trojúhelník s verniérem na kratší odvěsně se užívá k zobrazování bodů podle souřadnic vzhledem k sečnému pravoúhelníku nebo k určování srážky mapy.

Někdy se užívá též příčné měřítko sestrojené na papíře nebo vyryté v kovu k odměřování délek v určitém poměru

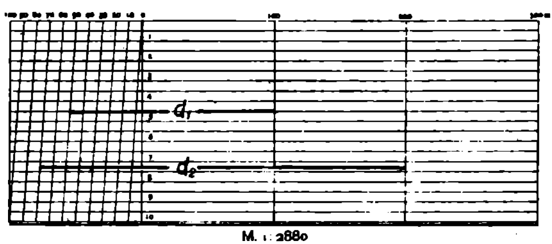


Obr. 127. Souprava vynášecích 60°-trojúhelníků od firmy Srb a Štys.



Obr. 128. Souprava vynášecího pravítka s trojúhelníkem od frmy Fennel.

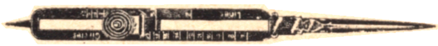
zmenšení. Kružítkem se odměří délka na mapě a odečte na příčném měřítku nebo známá délka se odměří na příčném měřítku a vyznačí se na mapě nebo na plánu. Obr. 129 ukazuje příčné měřítko v poměru 1 : 2880.



Obr. 129. Příčné měřítko 1 : 2880.

zuje příčné měřítko v poměru 1 : 2880. Způsob sestrojení a odčítání je znám ze střední školy. Délka d_1, odečtená na měřítku, je 154,5 m dlouhá. Délka d_2 měří 277,3 m.

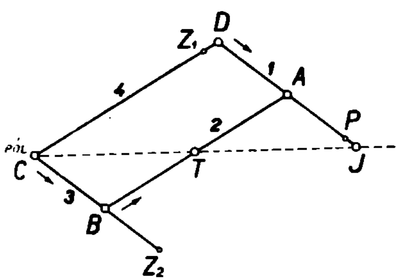
Zmenšování a zvětšování plánů. Někdy je třeba zobrazení na mapě zvětšiti, jindy zmenšiti. Obojí úkon se provede buď redukčními kružítky nebo pantografy.



Obr. 130. Redukční kružítko.

Redukční kružítko. Obr. 130 znázorňuje redukční kružítko, jež má na jednom rameni vyznačený poměr zmenšení, případně zvětšení. Zastaví-li se posuvná značka mezi rameny na značku pro určitý poměr a upevní se, pak lze odměřovati délky na mapě ku př. delšími částmi hrotů a příslušné zmenšení je obsaženo mezi hroty druhého konce kružítka. Při zvětšování je postup opačný.

Práce s redukčním kružítkem je pomalá a užívá se proto jen k redukování malého počtu délek. Má-li se zvětšiti nebo zmenšiti zobrazení celé mapy, užívá se pantografu.



Obr. 131. Náčrtek pantografu.

Pantograf (obr. 131). Základem pantografu je rovnoběžník *ABCD*, jehož vodorovná pravítka *1*, *2*, *3* a *4* jsou v bodech *A*, *B*, *C* a *D* pevně spojena. Bod *C* je pólem, kolem kterého se celý rovnoběžník točí. V bodě *T* je vedení pro tužku. V bodech Z_1 a Z_2 jsou závěsy pro dráty, jimiž jsou pravítka spojena s vrcholem podstavce obsahujícím pól *C*. V bodě *P* je pravítko *1* opatřeno kolečkem, kterým spočívá na stole. Vzdálenosti os kloubů v bodech *A* a *B*, *C* a D jsou neměnitelné a rovné neměnitelné vzdálenosti bodů D a J, takže

$$\overline{AB} = \overline{CD} = \overline{DJ}.$$

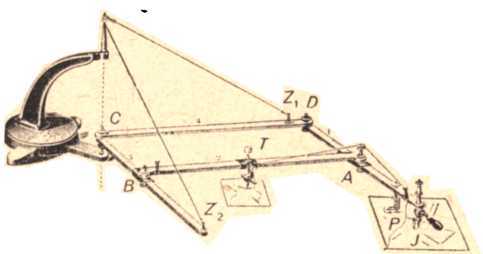
Délka DJ udává velikost pantografu. Vzdálenosti AD, BC a BT mohou se měnit, při čemž musí být vždy splněna podmínka $\overline{AD} = \overline{BC} = \overline{BT}$. Za těchto okolností platí

$$\overline{DA} : \overline{DJ} = \overline{CT} : \overline{CJ}.$$

Označíme-li velikost kresby k redukci určené písmenem O a zmenšené R, pak platí

$$R : O = \overline{CT} : \overline{CJ} = \overline{DA} : \overline{DJ} = \overline{BT} : \overline{BA}.$$

Poněvadž délka DJ je pro každý pantograf dána jako stálá hodnota, násobí se délka $\overline{DJ} = L$ poměrem $\frac{R}{O}$ a tím se obdrží $x = \frac{R \cdot L}{O}$, kteroužto délku x nastavíme na pravítkách DA, CB a BT. Počátek dělení stupnic na pravítkách je



Obr. 132. Corradiho pantograf.

v bodech B, C a D. V obrazci je směr číslování vyznačen šipkami.

Toto uspořádání umožňuje zmenšovati obrazce. Zaměníme-li tužku T za hrot jehly J, je možno obraz zvětšovati. Na tomto podkladě je sestrojen pantograf firmy Corradi, jejž znázorňuje obr. 132.

Pól pantografu lze voliti i v jiných bodech.

Pantografem přenášíme obrazy bodů, jež pak spojujeme podle pravítka.

Geodetická literatura je uvedena v 1. části na straně 157.

OBSAH

Spisovatel	*Ing. Dr Pavel Potužák*
Název díla	*Praktická geometrie, část druhá*
Vydala	*Jednota československých matematiků a fysiků*
roku	*1948*
V edici	*Cesta k vědění, svazek 49*
Za redakce	*Dra R. Brdičky, Dra M. A. Valoucha, Dra F. Vyčichla a Dra O. V. Zicha*
Vytiskla	*Knihtiskárna Prometheus v Praze VIII*
Stran	*184*
Obrazců	*132*
Vydání	*první (4400 výtisků)*
Cena	*Kčs 52,—*