

Dĺžka úseku d , ak sa merala šikmo, redukuje sa na vodorovnú dĺžku. K výslednej hodnote $s = \sum d$ sa zavedú opravy z teploty.

Pri určovaní dĺžky základnice zaradenej do trigonometrickej siete, sa meranie vykonáva viac ráz v oboch smeroch so súpravou štyroch rôznych a presne komparovaných invarových drôtov. S takouto technológiou merania môžeme dosiahnuť vysokú presnosť v meraní dĺžok.

5.2 NEPRIAME MERANIE DĹŽOK

Priame meranie dĺžok nie je v súčasnej dobe pre svoju prácnosť hospodárne a v mnohých prípadoch ani nie je možné ho realizovať. Preto sa stále častejšie používa nepriame meranie dĺžok. Jeho podstatou je odmeranie sprostredkujúcej veličiny, ktorá je v určitom matematickom alebo fyzikálnom vzťahu so zisťovanou dĺžkou. Nepriamo môžeme merať dĺžky pomocou diaľkomerov.

Diaľkomery delíme na:

- optické diaľkomery,
- mechanické diaľkomery (používali sa pred rozšírením optických diaľkomerov),
- elektronické diaľkomery.

5.2.1 Optické diaľkomery

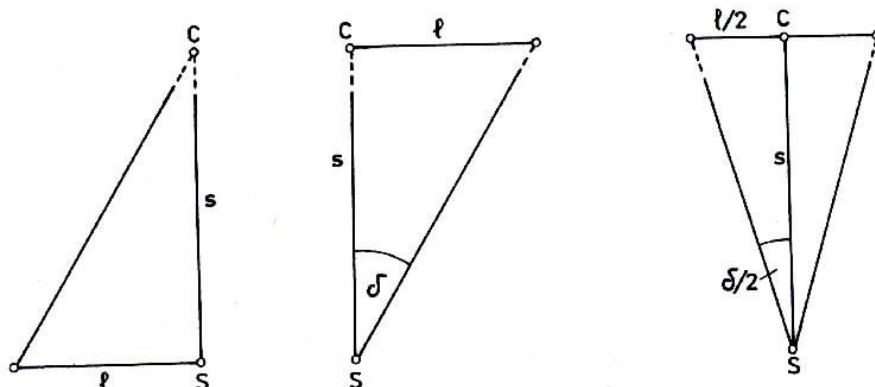
Optické meranie dĺžok je založené na princípe riešenia pravouhlého alebo rovnoramenného trojuholníka (obr. 5.20), v ktorom sa neznáma dĺžka s určí z dvoch známych veličín: základnice b a paralaktického (diaľkomerného) uhla δ :

$$s = b \cotg \delta,$$

alebo

$$s = \frac{b}{2} \cotg \delta/2. \quad (5.18)$$

Základnica b môže byť umiestnená buď priamo v prístroji (Zeiss BRT 006) na stanovisku S (obr. 5.20a), alebo na konci meranej dĺžky v cieľi C a tvorí samostatnú meračskú pomôcku (obr. 5.20b,c). Základnica podľa konštrukcie diaľkomera sa umiestňuje do vodorovnej alebo zvislej polohy.



Obr. 5.20. Metódy optického merania dĺžok

Optické diaľkomery rozdeľujeme na:

- diaľkomery s latou a
- diaľkomery bez laty.

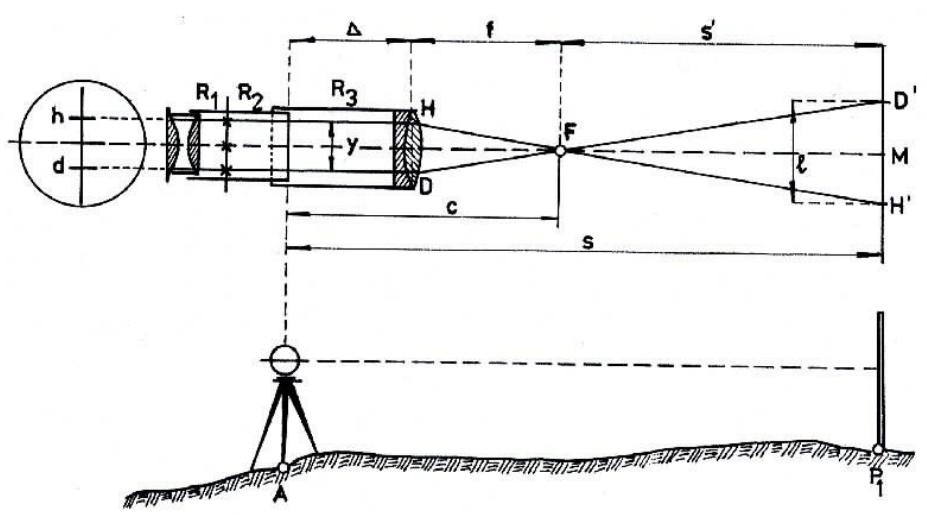
Jedna z veličín b a δ môže byť veličinou stálou, druhá premennou, alebo obidve sú premenné (autoredukčné diaľkomery).

Diaľkomery s latou sa delia na nitkové diaľkomery, dvojobrazové diaľkomery a diaľkomery s konštantnou dĺžkou laty.

5.2.1.1 Nitkové diaľkomery

V geodetickej praxi zo všetkých druhov diaľkomerov s latou má najmenšie uplatnenie nitkový diaľkomer. Diafragma zámerného kríža u všetkých univerzálnych teodolitov je vybavená ďalšími dvoma vodorovnými (zriedkavo aj zvislými) ryskami – diaľkomernými ryskami, ktoré sú symetricky umiestnené k zámernému krížu. Funkciu nitkového diaľkomera môžeme sledovať na obr. 5.21, podľa ktorého na určenie dĺžky s vodorovnou zámerou platí rovnica:

$$s = s' + \Delta + f. \quad (5.19)$$



Obr. 5.21. Schéma nitkového diaľkomera

Z podobných trojuholníkov $\triangle FDH$ a $\triangle FD'H'$ určíme vzťah:

$$s' = \frac{f}{y} l = K l, \quad (5.20)$$

v ktorom f je ohnisková vzdialenosť objektívu,

y je odstup diaľkomerných rysiek,

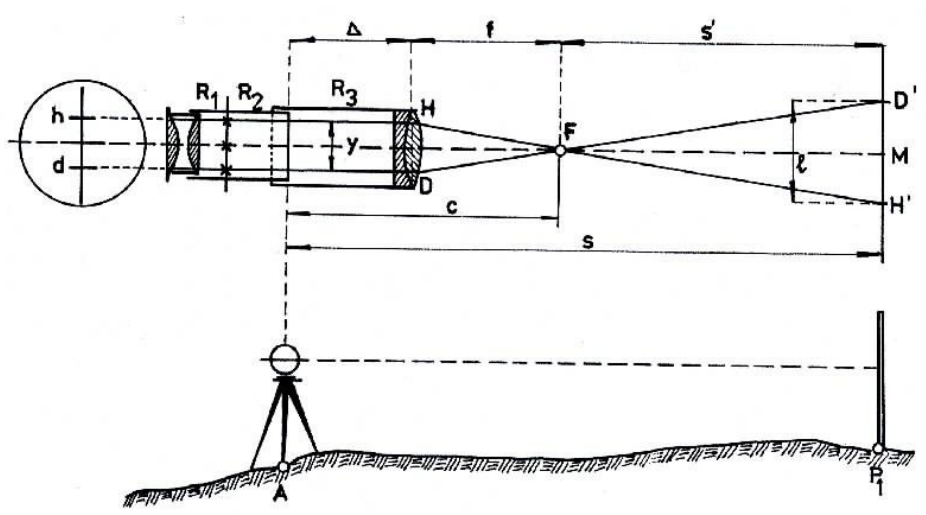
l predstavuje dĺžku latového úseku vymedzeného diaľkomernými ryskami,

$K = f/y$ a označuje násobnú konštantu, ktorá sa volí v hodnote $K = 100$.

Ak vyjadríme vzdialenosť od predného ohniska po otočnú os ďalekohľadu písmenom c , ktorá predstavuje súčtovú (adičnú) konštantu ($c = \Delta + f$), konečný výraz pre výpočet vzdialenosti s bude:

$$s = K l + c. \quad (5.21)$$

Prakticky všetky teodolity novejšej konštrukcie majú adičnú konštantu rovnú nule ($c = 0$). Vylúčenie adičnej konštanty docielil Porro konštrukciou analaktického ďalekohľadu. Vrchol diaľkomerného uhla δ optickou cestou presunul do stredu otočnej osi ďalekohľadu vložením analaktickej šošovky medzi objektív a jeho vnútorné ohnisko (obr. 5.22).



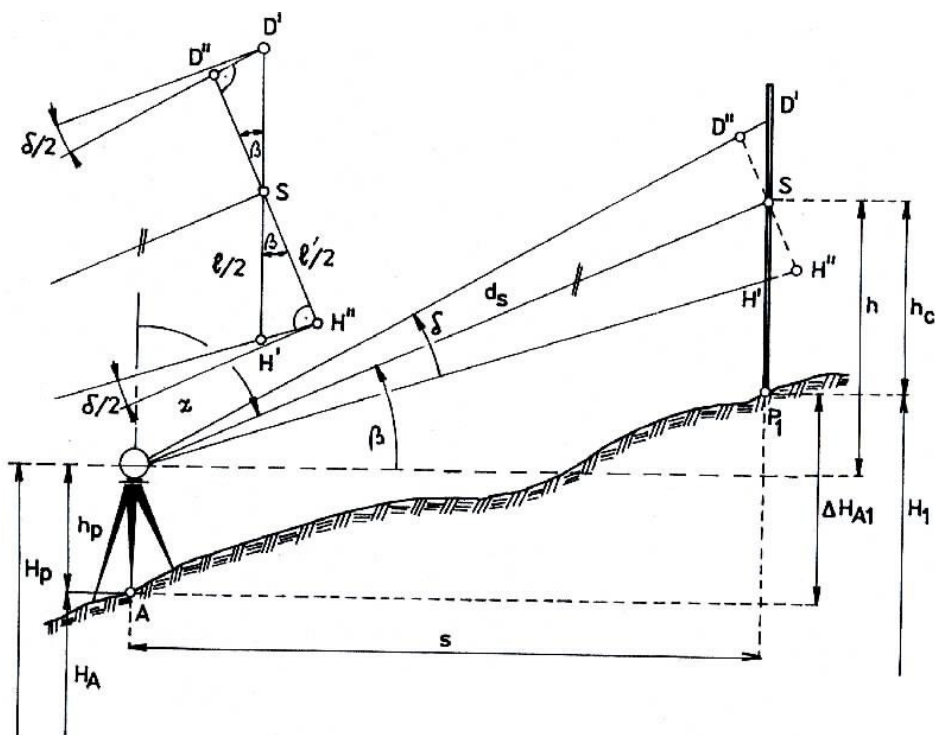
Obr. 5.22. Analaktický ďalekohľad

Dĺžka s odmeraná analaktickým ďalekohľadom vodorovnou zámerou sa určí podľa obr. 5.22 z rovnice:

$$s = \frac{\Delta}{y_1} l = K l, \quad (5.22)$$

keď

$$y_1 = y \frac{d - f_A}{f_A} \quad \text{a} \quad K = 100.$$



Obr. 5.23. Určenie dĺžky pri sklonenej zámernej priamke

Keď meriame v členitom teréne s ďalekohľadom pod uhlom β (zenitovým uhlom z) a cieľime na zvisle postavenú latu, odmeriame latový úsek l namiesto l' , ktorý zodpovedá kolmému postaveniu laty na zámeru (obr. 5.23). Uhly na koncoch laty sa líšia od pravého uhla tak nepatrne, že ich môžeme považovať za pravé uhly a vyjadriť vzťah medzi l a l' :

$$l' \approx l \cos \beta . \quad (5.23)$$

Pre šikmú vzdialenosť potom bude platiť:

$$d_s = K l \cos \beta , \quad (5.24)$$

a vodorovná vzdialenosť:

$$s = K l \cos^2 \beta = K l \sin^2 z . \quad (5.25)$$

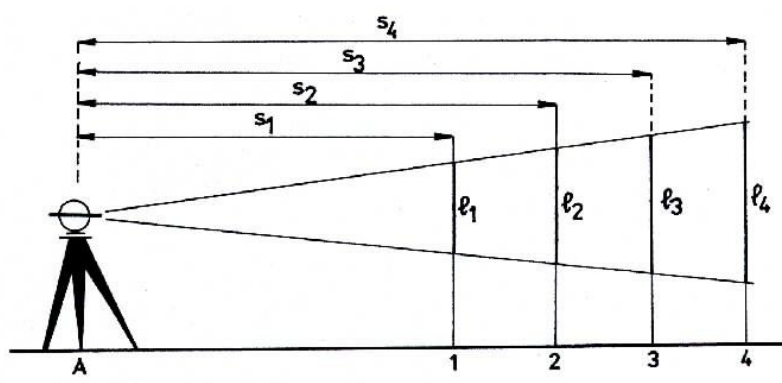
Z odmeraných hodnôt môžeme vypočítať i prevýšenie h bodu S nad horizontom prístroja:

$$h = s \operatorname{tg} \beta = K l \cos^2 \beta \operatorname{tg} \beta = \frac{1}{2} K l \sin 2\beta = \frac{1}{2} K l \sin 2z . \quad (5.26)$$

Overenie hodnoty násobnej konštanty $K = 100$

Overenie násobnej konštanty môžeme vykonať niekoľkými metódami. V terénnych podmienkach je vhodný postup, ktorý sa dá aplikovať aj u iných druhov optických diaľkomerov:

V rovinnom teréne komparovaným pásom sa odmeria niekoľko dĺžok, napr. $s_1 = 20$ m, $s_2 = 40$ m, ..., $s_n = 100$ m (obr. 5.24). Ďalekohľadom urovnaným do vodorovnej polohy čítame latové úseky na jednotlivých bodoch.



Obr. 5.24. Overenie násobnej konštanty nitkového diaľkomera

Hodnota násobnej konštanty sa určí presnejšie, keď budeme merať na presne zvisle postavenú a podopretú latu v rôznych, avšak málo odlišných polohách ďalekohľadu od vodorovnej polohy. Pri výpočte použijeme stredné hodnoty jednotlivých latových úsekov:

$$l_1 = \frac{\sum l'_1}{n}, \quad l_2 = \frac{\sum l'_2}{n}, \dots . \quad (5.27)$$

Násobnú konštantu určíme potom zo známych dĺžok a stredných hodnôt latových úsekov:

$$K_1 = \frac{s_1}{l_1}, \quad K_2 = \frac{s_2}{l_2}, \dots . \quad (5.28)$$

a charakterizujeme strednou hodnotou:

$$K = \frac{\sum K}{n} . \quad (5.29)$$

Vhodné je tiež graficky znázorniť priebeh odchýlok medzi známymi a odmeranými dĺžkami a vyrovnať ho napr. priamkou. Spresnenie odmeraných dĺžok docielime priradením opráv, zistených z grafického priebehu odchýlok, k odmeraným hodnotám dĺžok.

Presnosť nitkového diaľkomera

Keď použijeme základnú rovnicu nitkového diaľkomera $s = K l \cos^2 \beta$ a aplikujeme zákon hromadenia stredných chýb, stredná chyba v meranej dĺžke bude nitkovým diaľkomerom určená rovnicou:

$$m_s = \sqrt{(K \cos^2 \beta)^2 m_l^2 + (s \sin 2\beta)^2 (m\beta^{cc} / \rho^{cc})^2} . \quad (5.30)$$

Presnosť meranej dĺžky je závislá od presnosti určenia latového úseku, dĺžky a presnosti výškového uhla. Najväčší vplyv na presnosť má chyba v určení latového úseku, ktorú charakterizujeme strednou chybou:

$$m_l = m_r \sqrt{2} , \quad (5.31)$$

kde m_r je stredná chyba v čítaní podľa jednej diaľkomernej rýsky. Pre $s = 100$ m a 25.násobné zväčšenie ďalekohľadu sa presnosť v čítaní na centimetrovej stupnici charakterizuje hodnotou $m_r = 3$ mm.

Keď budeme predpokladať, že β je malé ($\cos \beta \approx 1$ a $\sin 2\beta \approx 0$), presnosť nitkového diaľkomera vyjadríme rovnicou:

$$m_s = K m_r \sqrt{2} = 0,42 \text{ m} , \quad (5.32)$$

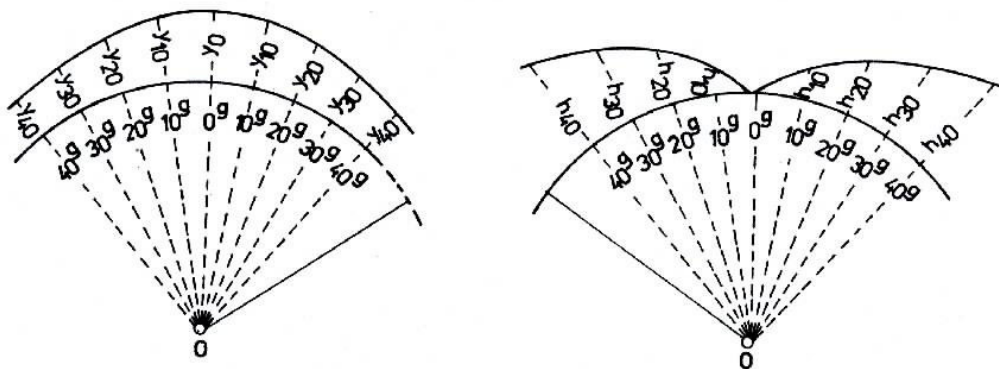
alebo pomernou chybou v meranej 100 m vzdialenosti 1/250. Priaznivejšie výsledky presnosti sa dosiahnu, keď sa jedna rýska nastavuje na celý dielik stupnice.

Pri strmých zámerách sa kladú prísne požiadavky na zvislé postavenie laty. Napr. pri odchýlke laty od zvislice o $0,5^\circ$ pri výškovom uhle $\beta = 50^\circ$ a $s = 100$ m chyba v dĺžke dosiahne hodnotu až 0,5 m, čo predstavuje chybu v určení dĺžky 1/200.

Nitkové diaľkomery, ako je vidieť, patria medzi menej presné diaľkomery. Ich presnosť postačí pre tachymetriu. Nemôžeme ich napríklad použiť na zhutňovanie bodového poľa.

5.2.1.2 Diagramové diaľkomery

Diagramové diaľkomery predstavujú pokrokový vývoj nitkových diaľkomerov z hľadiska účelnosti a hospodárnosti merania. Umožňujú priame určenie vodorovných (redukovaných) vzdialeností a prevýšenia bodu nad resp. pod horizontom prístroja. Redukcia šikmej dĺžky na vodorovnú a určenie prevýšenia sa uskutočňuje pomocou dvojíc kriviek diagramu o spojitě premennej odľahlosti, ktorá je závislá na sklone ďalekohľadu.



Obr. 5.25. Princíp konštrukcie diagramov

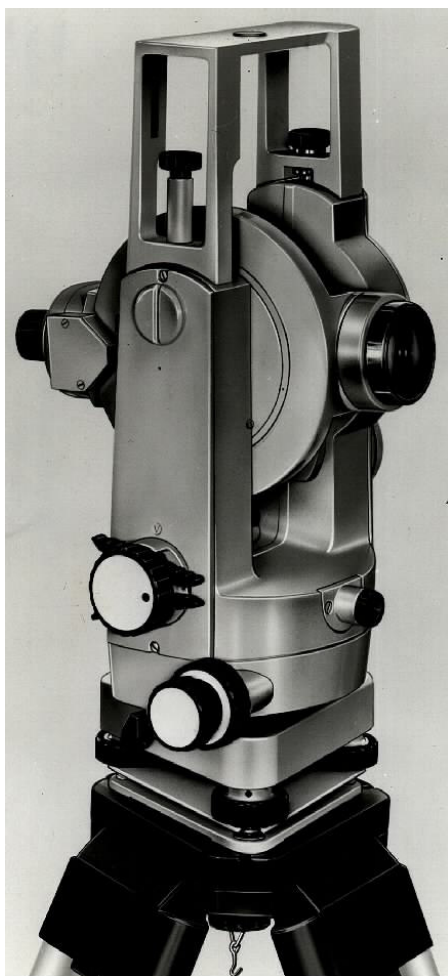
Ak vodorovná vzdialenosť s a prevýšenie h má byť v jednoduchom vzťahu k meranému latovému úseku l pri akomkoľvek výškovom uhle β ($s = K_s l$ a $h = K_h l$), hodnoty násobných konštánt pre analytický ďalekohľad budú vyjadrené výrazmi:

$$K_s = \frac{\Delta}{y_{1s}} \cos^2 \beta \quad \text{a} \quad K_h = \frac{\Delta}{2y_{1h}} \sin 2\beta, \quad (5.33)$$

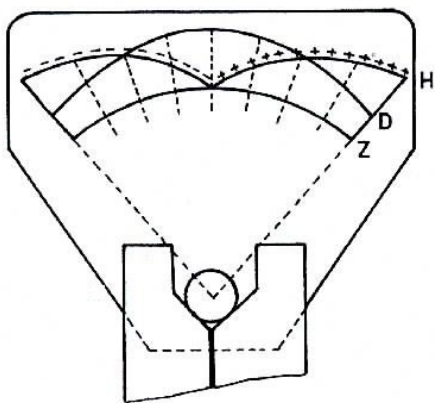
v ktorých sú dve premenné: rozostup rysiek (y_{1s} , y_{1h}), a výškový uhol β , Δ je vzdialenosť od vstupnej pupily objektívu ďalekohľadu po vertikálnu os.

Násobné konštanty majú hodnoty $K_s = 50, 100, 200$; $K_h = \pm 10, \pm 20, \pm 50, \pm 100$ a využívajú v závislosti od meranej dĺžky a prevýšenia. Konštrukciu diagramov na meranie vodorovnej dĺžky, kladného a záporného prevýšenia (prevýšenia nad a pod horizontom prístroja) znázorňuje obr. 5.25.

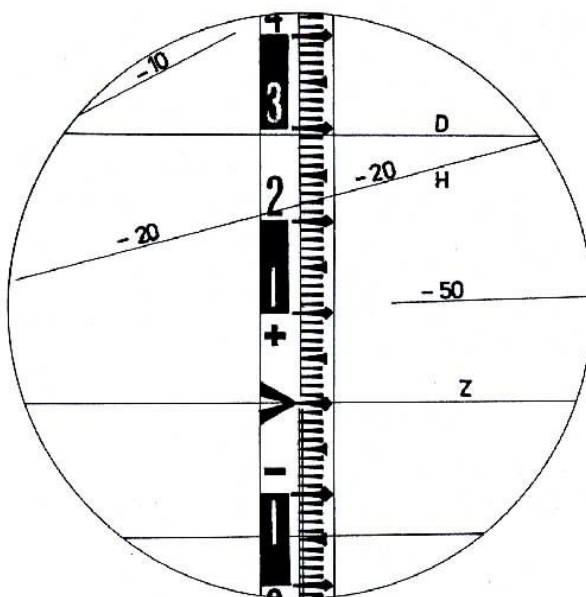
V zornom poli diagramového diaľkomera namiesto jednoduchej dvojice vzdialenostných rysiek je krivkový diagram (obr. 3.26, 5.28), ktorý pozostáva zo základnej rysky Z , diaľkomernej rysky D a niektorej z výškových rysiek H . Diagram je vyleptaný na osobitnom sklenenom kruhu, nasadenom na os výškového kruhu a do zorného poľa ďalekohľadu sa premieta hranolovým systémom.



Obr. 5.27. Zeiss DAHLTA 010A



Obr. 5.26. Spojené krivky diagramu

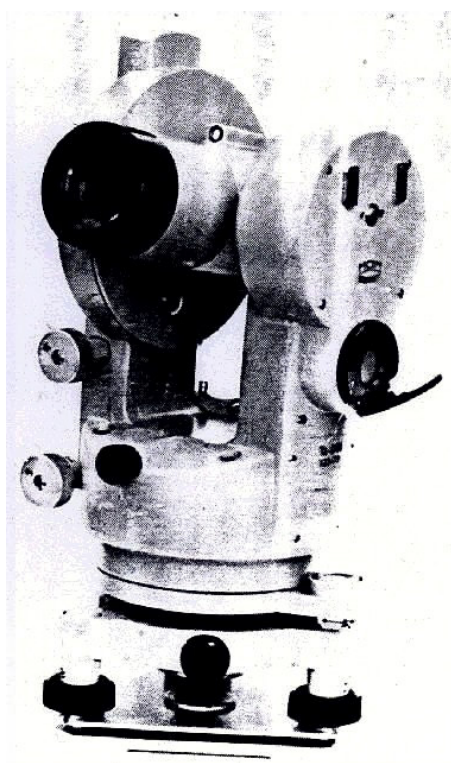


Obr.5.28. Zorné pole diaľkomera Zeiss DAHLTA 010A

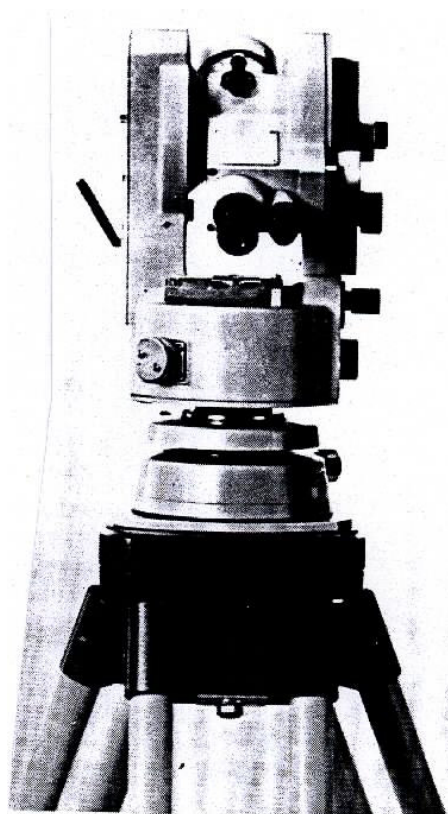
Diagramovými dial'kormi sú vybavené teodolity Zeiss Dahlta 020, Zeiss DAHLTA 010 A (obr. 5.27), DAHLTA 010 B, MOM Ta.D 41 (obr. 5.29), Opton RT a 4 (obr. 5.10), Wild RDS a ďalšie.

V našej geodetickej praxi je najrozšírenejší diagramový dial'komer Zeiss Dahlta 020 a DAHLTA 010 A. Dahlta 020 má na meranie dĺžok násobnú konštantu $K_s = 100$ a pre prevýšenie $K_h = \pm 10, \pm 20, \pm 100$. Prístroj DAHLTA 010 A má konštanty $K_s = 100, 200$ a $K_h = \pm 10, \pm 20, \pm 50, \pm 100$, a je vybavený automatickým stabilizátorom výškového indexu. K dial'komerom výrobca dodáva 2 špeciálne 4 m dlhé laty, ktoré majú vo výške 1,40 m od päty laty vodorovnú klinovú značku, na ktorú sa pri meraní nastavuje základná ryska (Z). DAHLTA 010 B má podobné konštrukčné prevedenie ako DAHLTA 010 A.

Dial'komer MOM.D1 má násobné konštanty $K_s = 100, 200$ a $K_h = \pm 10, \pm 20, \pm 50$. Prístroj OPTON Rta4 má násobné konštanty $K_s = 50, 100, 200$ a $K_h = \pm 10, \pm 20, \pm 50, \pm 100$.



Obr. 5.29. MOM TaD1



Obr. 5.30. OPTON RT a 4

Presnosť diagramových dial'komerov sa charakterizuje pomernou dĺžkovou chybou $m_s/s = 1/500$. Presnosť určenia prevýšenia je závislá od sklonu zámery, pri dĺžke $s = 100$ m je v rozmedzí 0,05 až 0,3 m.

Diagramové dial'komery sa používajú pri polohopisnom a výškopisnom mapovaní.

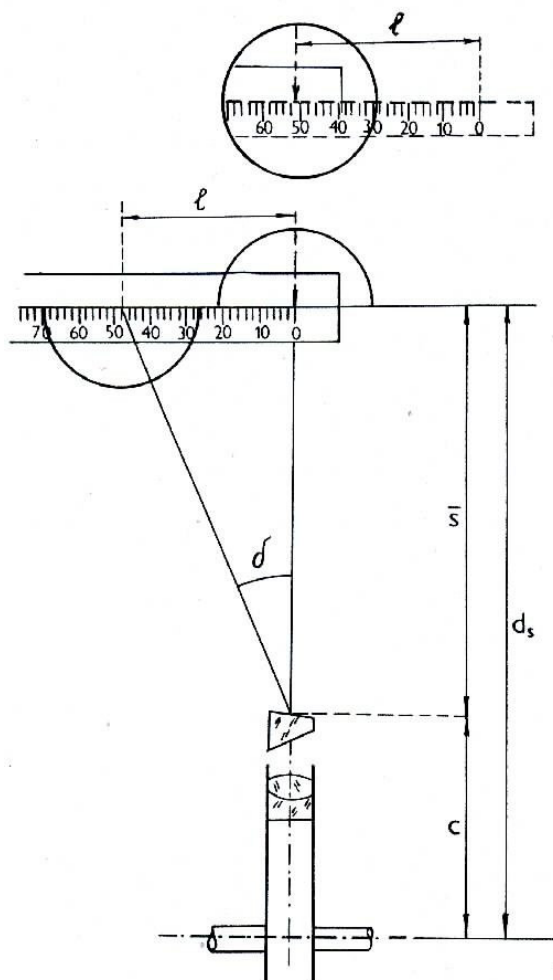
5.2.1.3 Dvojobrazové dial'komery

Dvojobrazové dial'komery sú v podstate teodolity doplnené dial'komerným zariadením – klinovým hranolkom (deviačným klinom), ktorý sa predsaďuje pred objektív (obr. 5.31).

Lúče, vstupujúce do objektívu jeho zakrytou a nezakrytou časťou, vytvárajú v rovine zámerného kríža vzájomne proti sebe posunuté obrazy o uhol δ . Polohu indexu určuje latový úsek. Z dĺžky latového úseku l a uhla δ určíme vzdialenosť laty od vrcholu dial'komerného uhla:

$$\bar{s} = l \cot g \delta = K l \quad (5.34)$$

kde $\cot g \delta = K = 100$, pričom $\delta = 0,6366^\circ$.



Celková vzdialenosť laty od vertikálnej osi teodolitu je:

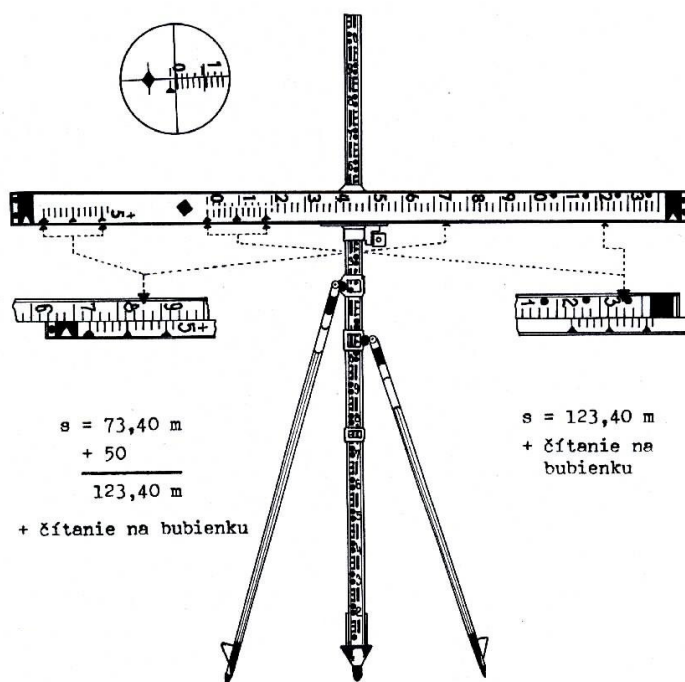
$$d_s = \bar{s} + c, \quad (5.35)$$

kde c je súčtová konštanta, ktorá vyjadruje vzdialenosť vertikálnej osi teodolitu od vrcholu diaľkomerného uhla. Odstraňuje sa posunom rysky čítacieho indexu na lati o hodnotu $c/100$. Vypočítaná dĺžka $d_s = K l$ je šikmá dĺžka, ktorú je potrebné redukovať na vodorovnú podľa rovnice (5.1), teda:

$$s = d_s \cos \beta. \quad (5.36)$$

K dvojobrazovým diaľkomerom ako výstroj patria: dve vodorovné diaľkomerné laty (obr. 5.32), ktoré pomocou kolimátora nastavujeme kolmo na zámeru teodolitu. Ďalekohľad pri cielení na latu nasmerujeme tak, aby sa krátka zvislá ryska na zámerom kríži stotožnila so značkou, ktorá je vľavo od nuly verniera na lati a aby vodorovné rozhranie medzi priamym a odchýleným obrazom pretínalo latu v polovici. V hornej polovici zorného poľa ďalekohľadu vidíme obraz latovej stupnice a v dolnej polovici obraz čítacej pomôcky posunutej oproti začiatku delenia v zmysle rovnice (5.34) o hodnotu latového úseku l .

Obr. 5.31. Princíp dvojobrazového diaľkomera



Presnosť v čítaní latového úseku sa zvýši použitím verniera namiesto čítacieho indexu. V takom prípade na odstránenie súčtovej konštanty c stupnica verniera je posunutá o hodnotu $c/100$. Na vernieri sa čítajú zlomky (decimetre) delenia dĺžkovej stupnice, centimetre sa čítajú na stupnici bubienka optického mikrometra M (obr. 5.34) po koincidencii niektorého dielika dĺžkovej stupnice s niektorým dielikom verniera. Príklad čítania je na obr. 5.32, kde okrem verniera stotožného s počiatkom hlavnej stupnice môžeme využiť posunutý vernier o 0,5 m (označený +5). Použitím posunutého verniera sa zväčšuje rozsah merania dĺžok o 50 m.

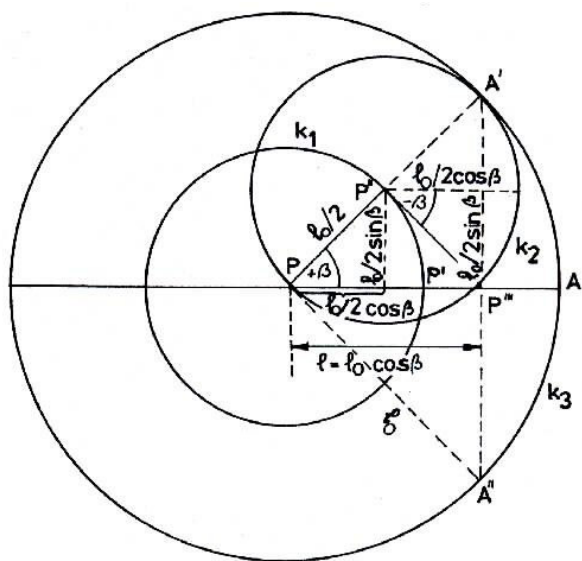
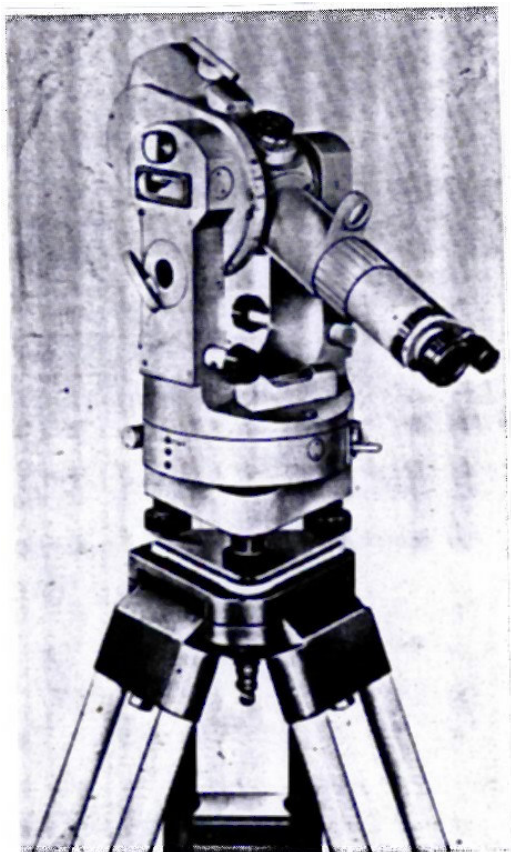
Dvojobrazový diaľkomer sa môže vytvoriť nasadením diaľkomerného klinu na ďalekohľad obvyklého typu teodolitu.

Teodolity, ktoré diaľkomerné zariadenie majú zabudované do tubusu ďalekohľadu, s úpravou na priame čítanie hodnoty vodorovnej dĺžky, sa nazývajú autoredukčné dvojobrazové diaľkomery. Medzi prístroje tohto druhu patrí diaľkomerný teodolit Zeiss Redta (obr. 5.33), Wild RDH, Kern DK.RT a ďalšie.

Podstatu autoredukčného zariadenia si vysvetlíme na prístroji Zeiss Redta 002. V spodnej časti tubusu ďalekohľadu, kde prechádzajú priame, t.j. deviačným klinom nestočené lúče, sú vložené dva sklenené redukčné klíny K_1 a K_2 . Klin K_1 posunie obraz bodu P na late o hodnotu $l_0/2$ do bodu P' (obr. 3.35). Po otočení klinu okolo optickej osi o uhol $+\beta$ pootočí sa bod P' po kružnici k_1 do polohy P'' . Klin K_2 posunie bod P'' analogicky do polohy P''' v opačnom smere o uhol $-\beta$. Posuny možno rozložiť na dve zložky $\frac{l_0}{2} \cos \beta$, ktoré predstavujú redukovaný úsek laty:

$$l = \left(\frac{l_0}{2} \cos \beta + \frac{l_0}{2} \cos \beta \right) = l_0 \cos \beta . \quad (5.37)$$

Klin K_3 (obr. 5.34) je opravný klin, ktorým môžeme v malých medziach meniť deviačný uhol klinov K_1 a K_2 a tým aj násobnú konštantu diaľkomera.

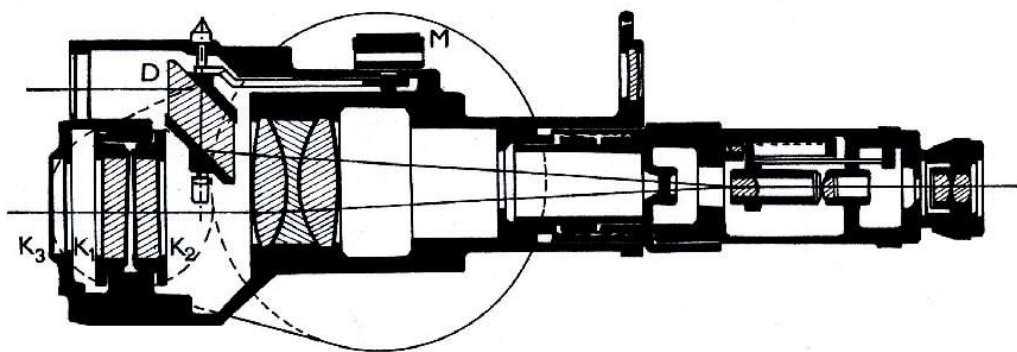


Obr. 5.35. Princíp činnosti autoredukčného zariadenia

Obr. 5.33. Autoredukčný dvojobrazový diaľkomer Zeiss Redta 002

Vodorovné postavenie laty umožňuje trubkový stojan alebo nadstavec, ktorý sa vkladá do rovnej podložky ako prístroj a upevňuje sa na stojane. Prístroj a latu môžeme v zaradení do trojpodstavcovej súpravy vzájomne vymieňať. Kolmé postavenie laty k zámernej priamke zaistíme kolimátorom (obr. 3.42).

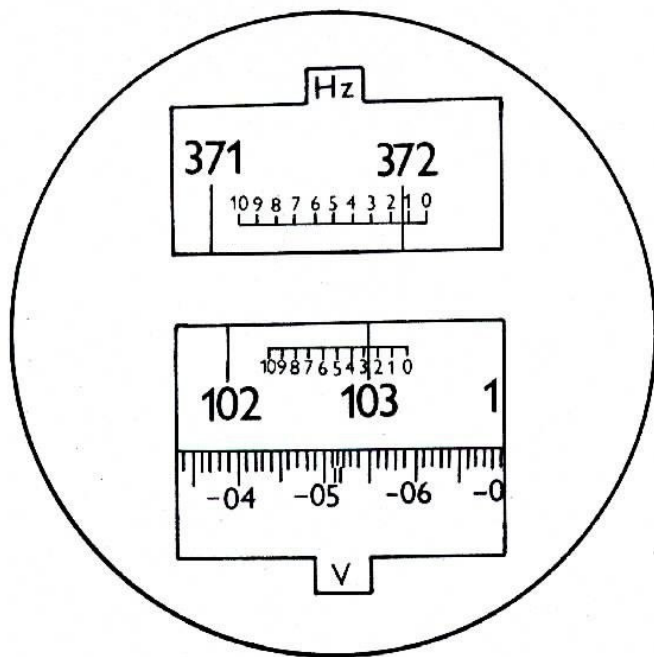
Na strednej tyči latového stojanu (obr. 5.32) čítame polohu vodorovnej rysky. Aby sa nemuseli vyhľadávať hodnoty $\cotg z$ v tabuľkách na vyčíslenie prevýšenia $h = s \cotg z$, v zornom poli čítacieho mikroskopu je stupnica, vyznačujúca $\cotg z$ na štyri desatinné miesta (obr. 5.36).



Obr. 5.34. Rez ďalekohľadom autoredukčného diaľkomerného teodolitu Zeiss Redta 002

Maximálny dosah merania dĺžok prístrojom Redta je 172 m. Optimálny dosah je do 120 – 140 m.

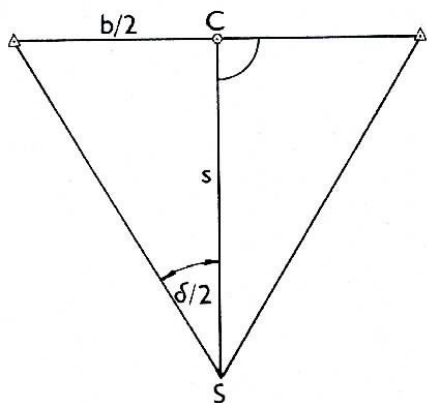
Dvojobrazové diaľkomery umožňujú merať dĺžky s pomernou chybou 1/2500, t.j. 100 m vzdialenosť s presnosťou ± 4 cm. Používajú sa na meranie dĺžok polygónových strán, na podrobné meranie metódou polárnych súradníc, pri stavebných vytyčovacích prácach, pri presnej tachymetrii atď.



Čítanie: $\cot g z = -0,0515^g$

Obr. 5.36. Zorné pole stupnicového mikroskopu prístroja Zeiss Redta 002

(Wildova súprava, obr. 5.40). Cieľové značky sú najčastejšie trojuholníkové tvaru. Umiestnené sú na konci tyče z invarovej zliatiny, ktorá má nepatrnú dĺžkovú rozťažnosť z vplyvu teploty. V súčasnej dobe sa vyrábajú latic s kompenzačným zariadením, ktoré ešte znižuje aj tak napatrnú dĺžkovú rozťažnosť. Bimetalická paralaktická latica Kern IB (obr. 5.41) má ako kompenzačný člen tepelnej rozťažnosti invarovej tyče alumíniovú trubicu.



Obr. 5.37. Paralaktické meranie dĺžok

5.2.1.4 Dialkomery s konštantnou dĺžkou latic

Vzdialenosť u dialkomerov s konštantnou dĺžkou latic sa určuje zo vzťahu (obr. 5.37):

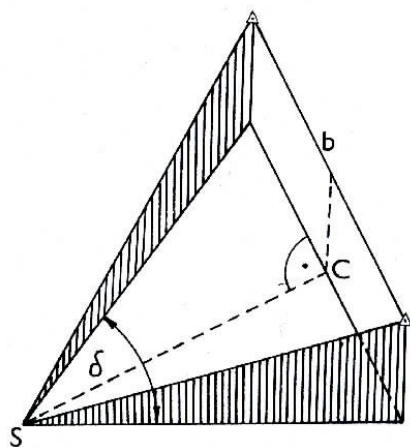
$$s = \frac{b}{2} \cot g \frac{\delta}{2}, \quad (5.38)$$

resp.

$$s = \cot g \frac{\delta}{2},$$

ak dĺžka základnice $b = 2 \text{ m}$, kde δ je paralaktický uhol medzi dvoma zvislými rovinami, prechádzajúcimi počiatčným bodom meranej dĺžky a krajnými bodmi základnice (obr. 5.38).

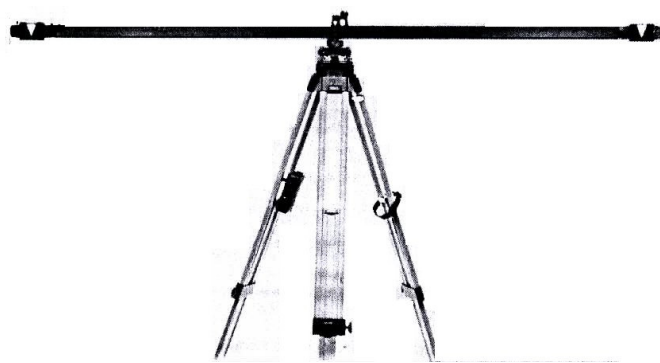
Základnicu tvorí vodorovná dvojmetrová latica, ktorá sa vkladá do podložky pripevnenej na stojane. Skladá sa z dvoch do seba zasúvacích častí (Zeiss Bala latic, obr. 5.39), alebo preklopných častí



Obr. 5.38. Paralaktický uhol

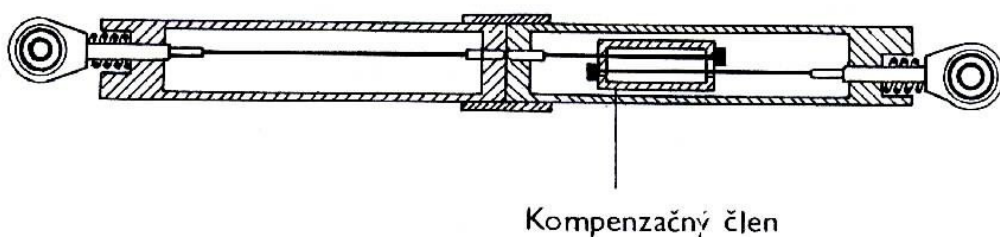


Obr. 5.39. Základnicová lata Zeiss Bala



Obr. 5.40. Základnicová lata firmy Wild

Pri paralaktickom meraní dĺžok dôsledne využívame závislú centráciu. Lata upevnená v podložke na stojane sa horizontuje pomocou kruhovej libely. Kolmé postavenie laty na strednú zámeru sa docieľuje kolimátorom (obr. 5.42) a kontroluje sa teodolitom. Lata je vtedy kolmo postavená k strednej zámere, keď obraz zorného poľa kolimátora premietnutý v nekonečnu predstavuje symetrický útvar podobný rozptylnej šošovke.



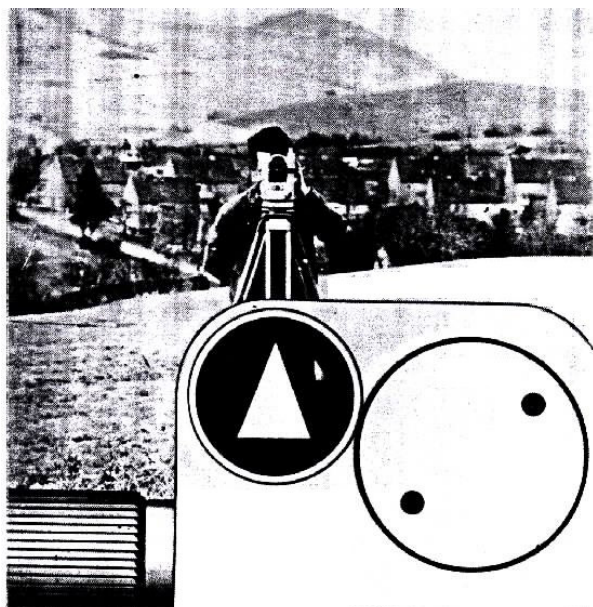
Obr. 5.41. Rez invarovou základnicovou latou Kern IB

Meranie paralaktického uhla

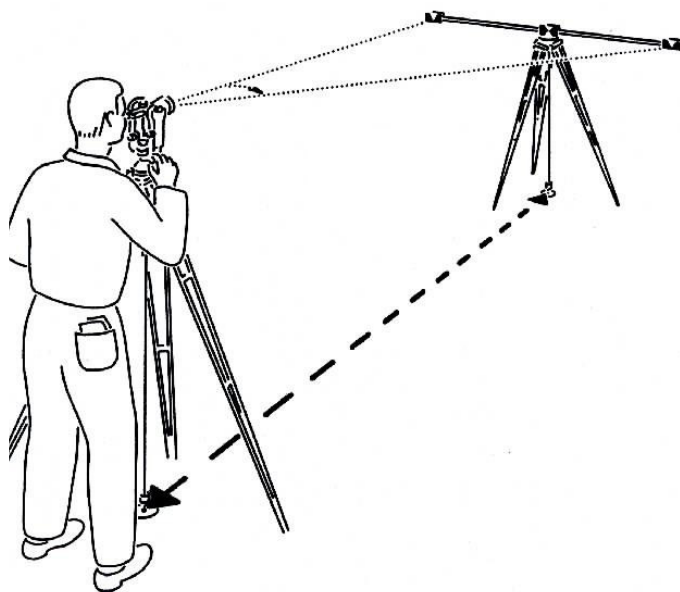
Presnosť paralaktického merania dĺžok závisí od mnohých faktorov, predovšetkým ju ovplyvňuje presnosť paralaktického uhla m_δ . Často sa vyžaduje presnosť paralaktického uhla, vyjadrená strednou chybou:

$$m_\delta = 2'' \text{ až } 3'' \quad (5.39)$$

Túto presnosť môžeme dosiahnuť sekundovými teodolitmi meraním minimálne v troch skupinách. Meranie v skupinách vykonáme tak, že v 1. polohe ďalekohľadu cieľime na ľavú a pravú značku (L, P) a v druhej polohe na pravú a ľavú značku (P, L obr. 5.43). Pri menších nárokoch na presnosť (paralaktické určenie dĺžky fotogrametrickej základnice) postačia repetičné teodolity s možnosťou čítania na $\pm 10''$, u ktorých na určenie paralaktického uhla aplikujeme metódu násobení.



Obr. 5.42. Kolimátor

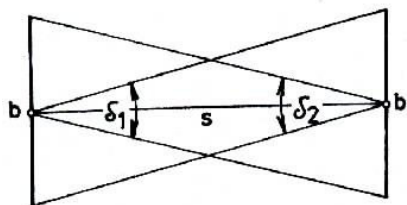


Obr. 5.43. Meranie paralaktického uhla

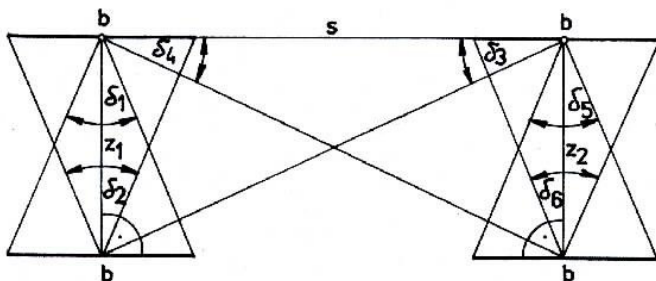
Typy paralaktických článkov

Podľa vyžadovanej presnosti určenia dĺžky a podľa veľkosti dĺžky s volíme rôznu polohu základnicovej laty na meranej strane. V praxi najčastejšie používame:

- základnicou latu umiestnenú na konci meranej dĺžky (obr. 5.44),
- meranie dĺžky s pomocnou základnicou na konci (obr. 5.45),
- meranie dĺžky s rozdelením na párne kratšie úseky (obr. 5.46).



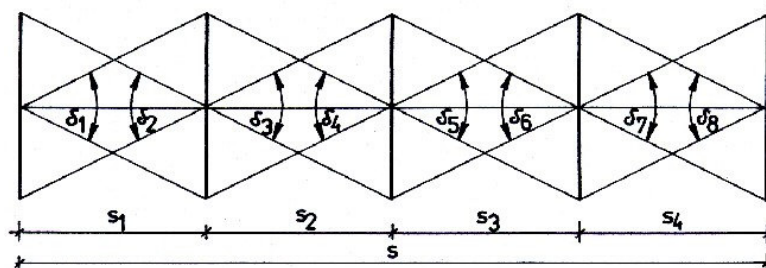
Obr. 5.44. Základnicová lata umiestnená na konci meranej dĺžky



Obr. 5.45. Meranie dĺžky s pomocnou základnicou na konci

Paralaktické meranie dĺžok sa organizuje vždy tak, aby každá dĺžka bola určená dvakrát. Opakované meranie sa uskutoční po výmene teodolitu a základnicovej laty v podložkách. Výslednú hodnotu meranej dĺžky predstavuje potom priemer dĺžok určených z oboch meraní.

Pri meraní s pomocnou základnicou na konci určovanej dĺžky, veľkosť pomocnej základnice volíme podľa vzťahu $z = \sqrt{2s}$.



Obr. 5.46. Meranie dĺžky s rozdelením na párny počet kratších úsekov

Presnosť paralaktického merania dĺžok

Najpresnejšie výsledky paralaktickým meraním dĺžok môžeme doceliť rozdelením meranej vzdialenosti na párny počet približne rovnakých úsekov (obr. 5.46). Dĺžka úsekov sa podľa okolností a účelu merania pohybuje od 12 do 48 m. Vo zvláštnom prípade môže klesnúť až na 6 m. Tabuľka 5.5 uvádza teoretický pokles strednej chyby odmeraného úseku m_u so zmenšujúcou dĺžkou úseku a stredné chyby pre rôzne vzdialenosti s pri $m_\delta = 2''$.

Stredné chyby úsekov m_u a odmeranej dĺžky m_s

Tabuľka 5.5

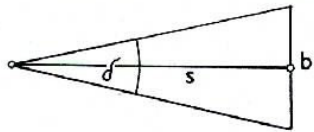
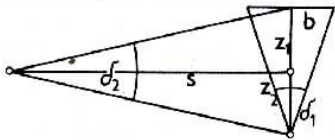
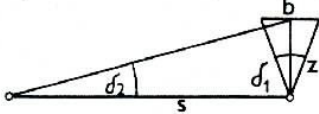
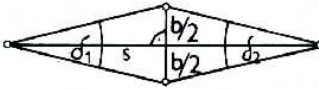
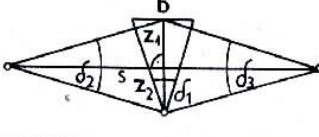
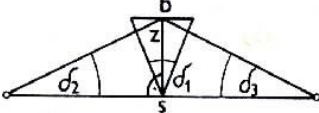
u [m]	$m_u = \frac{s^2 m_\delta}{b \rho^{cc}}$ [mm]	s [m]		
		120	240	480
		$m_s = m \sqrt{n}$ (n – počet úsekov) [mm]		
48	3,6	5,7	8,1	11,6
24	0,9	2,0	2,9	4,0
20	0,6	1,5	2,2	3,1
15	0,4	1,0	1,4	2,0
12	0,2	0,7	1,0	1,4
6	0,1	0,3	0,4	0,5

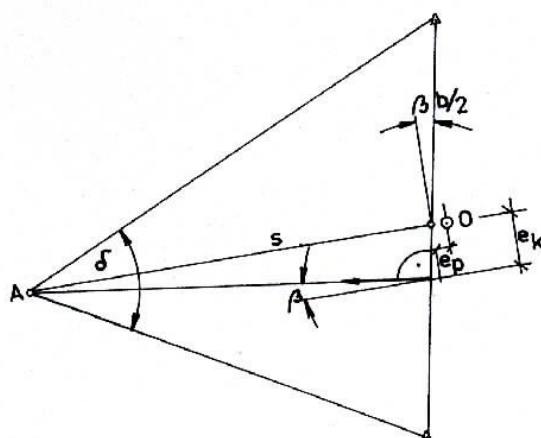
V tab. 5.6 sú uvedené presnosti určenia dĺžky paralaktickým meraním pri základnici umiestnenej na konci meranej dĺžky a pri meraní s pomocnou základnicou. Tabuľka je vypočítaná pre presnosť odmeraného paralaktického uhla $m_\delta = 3''$.

V tab. 5.7 sú uvedené ďalšie tvary paralaktických článkov, obecné rovnice na výpočet dĺžok a stredné chyby dĺžok m_s .

Stredné chyby dĺžok odmeraných so základnicou na konci dĺžky a s pomocnou základnicou Tabuľka 5.6

	s [m]	20	40	60	80	100	125	150	175	200	300
Základnica na konci	$m_s = \frac{s^2 m_\delta}{b \rho^{cc}}$ [mm]	1	4	9	16	24	38	54	74	97	225
S pomocnou základnicou	$m_s = \sqrt{\frac{2}{b}} s^3 \frac{m_\delta^{cc}}{\rho^{cc}}$ [mm]					5	7	9	11	13	24

PARALAKTICKÝ ČLÁNOK	s	m_s
	$s = \frac{b}{2} \cotg \frac{d}{2}$	$m_s = \frac{s^2}{b} \cdot \frac{m_{\beta}^{cc}}{\rho^{cc}}$
	$s = \frac{b}{4} \cotg \frac{d_1}{2} \cotg \frac{d_2}{2}$	$m_s = \sqrt{\frac{2}{b}} s^3 \cdot \frac{m_{\beta}^{cc}}{\rho^{cc}}$
	$s = \frac{b}{2} \cotg \frac{d_1}{2} \cotg d_2$	
	$s = \frac{b}{2} (\cotg \frac{d_1}{2} + \cotg \frac{d_2}{2})$	$m_s = \frac{s^2}{b\sqrt{8}} \cdot \frac{m_{\beta}^{cc}}{\rho^{cc}}$
	$s = \frac{z}{2} (\cotg \frac{d_1}{2} + \cotg \frac{d_2}{2})$ ($z = \frac{b}{2} \cotg \frac{d_1}{2}$)	$m_s = \sqrt{\frac{s^3}{b\sqrt{2}}} \cdot \frac{m_{\beta}^{cc}}{\rho^{cc}}$
	$s = z (\cotg d_2 + \cotg d_1)$ ($z = \frac{b}{2} \cotg \frac{d_1}{2}$)	



Obr. 5.47. Parametre základnicovej laty

Pri presnom paralaktickom meraní dĺžok treba poznať parametre základnicovej laty:

- rozmer základne paralaktickej laty,
- odchýlku β kolimátora od pravého uhla (obr. 5.47),
- pozdĺžnu excentricitu e_p zámerných terčov,

- priemerný koeficient rozťažnosti α invarových paralaktických lát, ktorý je $\alpha = 2,5 \mu\text{m}$ na $\text{m}/^\circ\text{C}$.

Kolimátor, ktorým sa inštaluje základnicová lata kolmo na vrchol meraného uhla, je umiestnený excentricky (e_k). Pri krátkych meraných dĺžkach uhol $\beta \neq 0$ a dĺžka AO sa určí z rovnice:

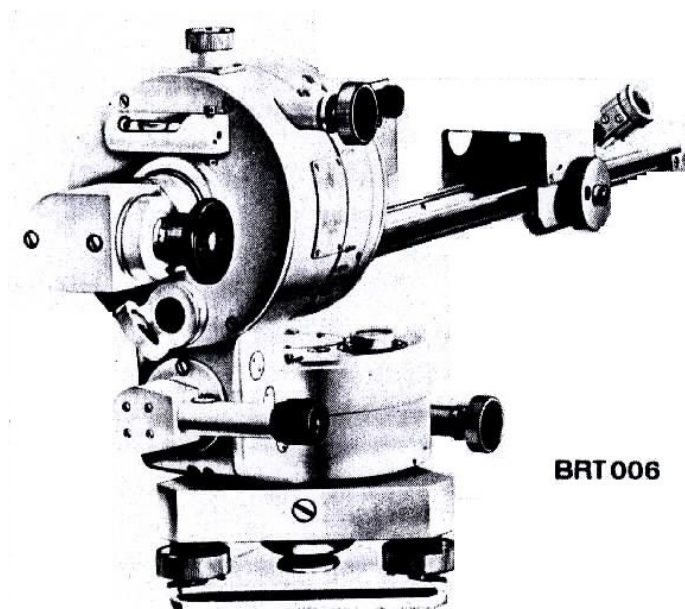
$$AO = s = \frac{b}{2} \cos \beta \cotg \frac{\delta}{2} + e_p. \quad (5.40)$$

Parameter β sa neuvažuje vtedy, ak je $\beta \leq 0,10^\circ$.

Paralaktické meranie dĺžok využívame v paralaktickej polygometrii, pri meraní základníc vytyčovacích sietí, pri presnom vytyčovaní dĺžok v členitom teréne atď.

5.2.1.5 Dialkomery bez laty

Dialkomery bez laty umožňujú odmerať vzdialenosti i na neprístupné body, pričom meraný bod nie je potrebné zvlášť signalizovať. Určujúcim prvkom je úsek l , ktorý sa číta na základnici umiestnenej priamo v prístroji. Medzi najpoužívannejšie prístroje tohto druhu patrí Zeiss BRT 006 (obr. 5.48).



Obr. 5.48. Dialkomer bez laty Zeiss BRT 006

BRT 006 umožňuje odmerať šikmú dĺžku d_s a vodorovnú dĺžku s . Dĺžku úseku l (obr. 5.49) vyznačuje poloha pentagonálnych hranolov, z ktorých pravý sa posunuje po pravítke. Úsek l čítame po stotožnení polobrazov, ktoré sa do okulára premietnu z oboch pentagonálnych hranolov (obr. 5.49c). Malé odchýlky z nevodorovnej polohy pravítka vylučujeme skrutkou na odstránenie vertikálnej paralaxy. Vertikálna paralaxa sa odstraňuje porovnaním ľavého a pravého obrazu cieľovej značky, resp. predmetu na ktorý sa cieľ.

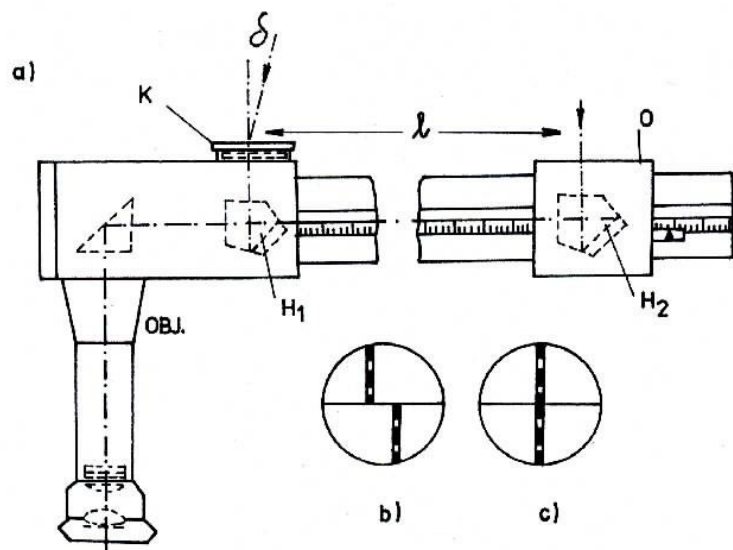
Šikmá dĺžka d_s sa určí zo vzťahu:

$$d_s = l \cotg \delta = K l = 200 l. \quad (5.41)$$

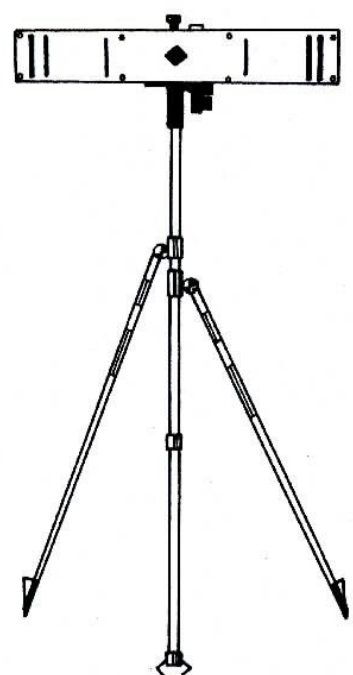
Zapojením autoredukčného zariadenia – páčka na kryte prístroja sa prepojí do polohy "MIT" (v polohe "OHNE" sa merajú šikmé dĺžky) – merajú sa vodorovné dĺžky. Autoredukcia sa získa zmenou paralaktického uhla δ v závislosti na veľkosti uhla β :

$$\Delta\delta = \delta_0 - \delta = \delta_0 - \delta_0 \cos \beta = \delta_0 (1 - \cos \beta). \quad (5.42)$$

Základňa prístroja má stupnicu delenú po 0,5 mm. Úseky l čítame pomocou lupy s odhadom na 0,05 mm, čo zodpovedá centimetrovej presnosti v čítaní dĺžky. Dĺžka základne 0,3 m umožňuje merať vzdialenosti do 60 m. Presnosť merania vzdialenosti do 60 m je asi 40 mm (0,06 % s).



Obr. 5.49. Meranie dĺžky prístrojom BRT 006



Obr. 5.50. Lata k prístroju BRT 006

Na prístroji BRT 006 kruhy sú delené po 5° , odhadom môžeme čítať uhlové hodnoty na $50''$. Zvýšenie rozsahu meraných vzdialeností do 120 a 180 m umožňuje osobitne upravená lata (obr. 5.50). Po skoincidovaní jednoduché rysky na late meranie dĺžok je možné v rozsahu 60 až 120 m, po skoincidovaní dvojitej rysky v rozsahu 120 až 180 m.

Dialkomer BRT sa používa pri podrobnom meraní polohopisu a intravilánoch.

5.2.2 Elektronické dialkomery

Fyzikálne spôsoby merania dĺžok sú založené na teórii elektromagnetického vlnenia. Rozdeľujú sa na zvukové, interferenčné a elektronické. Pre geodetické účely je najvhodnejšie elektronické meranie dĺžok.

Podstata merania dĺžok elektronickými dialkomermi (elektrooptické a elektroakustické dialkomery) je v tom, že zo známej rýchlosti šírenia elektromagnetických vln v a tranzitného času t , ktorý spotrebuje vlna na prebehnutie meranej dĺžky od vysielача po odrazové médium (reflektor) a späť do prijímača, určí sa dvojnásobok meranej dĺžky:

$$2s = vt \text{ a z toho}$$

$$s = \frac{vt}{2} \quad (5.43)$$

Ako reflektory sa používajú optické hranoly (zrkadlá), schopné odrazu svetla. Presnosť meranej dĺžky pri známej rýchlosti šírenia elektromagnetických vln závisí od presnosti merania času t , ktorý sa určuje pomocou vysielaných impulzov a ich prijímu, alebo pomocou fázového rozdielu amplitudovo modulovaných vysielaných a prijímaných vln. Impulzné (radiolokačné) dialkomery majú menšiu presnosť, používajú sa na meranie veľmi dlhých vzdialeností $s > 100$ km.