

4.3.1 Rozdelenie teodolitov

Podľa základných konštrukčných prvkov na získavanie uhlových údajov rozdeľujeme teodolity na optické a elektronické

Optické teodolity delíme :

1. podľa úpravy limbu (s pevným a otočným limbom),
2. podľa materiálu, z ktorého sú vyhotovené delené kruhy (kovové alebo sklenené kruhy),
3. podľa presnosti čítania.

1a) Teodolity s pevným limbom (jednoosové teodolity)

Do tejto skupiny patria staršie prístroje. Vodorovný kruh u týchto prístrojov je pevne spojený s podložkou (obr. 4.23a). Puzdro čapu alidády je usadené vo valci limbu. Limbus je nepohyblivý, takže nemôžeme nastavovať vyžadované počiatkové čítanie.

1b) Teodolity s otočným limbom

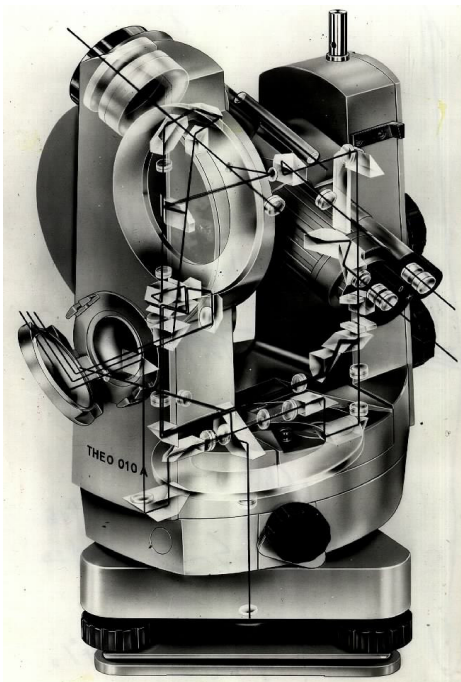
Konštrukcia týchto novších prístrojov dovoľuje otáčať okolo zvislej osi alidády aj limbus. Otáčanie limbom umožňuje nastaviť na jeho stupnici vyžadované čítanie.

Teodolity s otočným limbom podľa konštrukcie rozdeľujeme na:

- a) teodolity s limbovou svorkou a pohybovkou (dvojosové teodolity 4.23b), napr. Meopta Th 30x atď.,
- b) teodolity s repetičnou sponou (dvojosové teodolity), napr. Zeiss Theo 030, Zeiss THEO 020 A, Zeiss THEO 020 B, atď.,
- c) teodolity so skrutkou na postrk vodorovného kruhu (jednoosové teodolity s limbom na postrk) napr. Meopta T1^c, Zeiss THEO 010 A, Wild T3 atď.

2a) Teodolity s kovovými kruhmi

Vodorovný a zvislý kruh, na obvode je vybavený s uhlovou stupnicou. Kruhy sú vyrobené z kovu, spravidla z mosadze. Vlastná stupnica je vyrytá do prúžku z ušľachtilého kovu (striebro), ktorý je zasadený do drážky kotúča.



2b) Teodolity so sklenenými kruhmi

Obidva kruhy predstavujú sklenené kotúče s deleným kruhom na okraji. Stupnice sa zhotovujú rytím, leptaním alebo fotomechanickou cestou. Výhody sklenených kruhov pred kovovými sú v menšej váhe, menšej tepelnej rozťažnosti, priepustnosti svetla, možnosti dokonalého vybrúsenia a vyleštenia povrchu kruhu. U teodolitov so sklenenými kruhmi používame čítacie zariadenie s veľkým zväčšením mikroskopov a docieľujeme tak pomerne vysokú presnosť v čítaní i pri malých rozmeroch kruhov. Na obr. 4.24 je schéma chodu svetelných paprskov čítacím zariadením teodolitu Zeiss THEO 010 A.

Obr. 4.24. Schéma chodu svetelných lúčov čítacím zariadením teodolitu

3. **Podľa presnosti**, s ktorou môžeme na kruhoch čítať, delíme teodolity na:

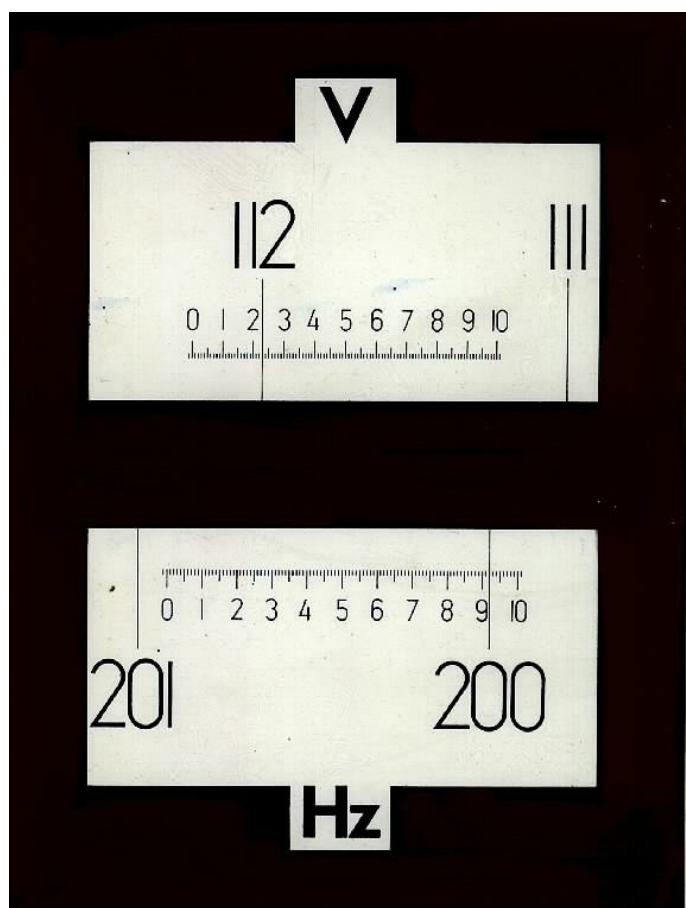
- a) technické (minútové),
- b) presné (sekundové, resp. dvojsekundové),
- c) veľmi presné.

U technických teodolitov býva hodnota najmenšieho dielika, ktorý môžeme presne čítať $1'$ alebo $30''$, u prístrojov so stotinným delením 1° (napr. THEO 020A Zeiss). Technické teodolity slúžia na bežné geodetické práce.

Presné teodolity dovoľujú čítať uhol s presnosťou $1''$ alebo $2''$ (napr. THEO 010A Zeiss). Používajú sa hlavne na zhŕšťovanie bodového poľa a vytyčovynie.

Veľmi presné teodolity sa uplatňujú vo vyššej geodézii a pri niektorých prácach inžinierskej geodézie. Umožňujú čítanie na kruhoch na $0,2''$, prípadne na $0,5''$ (Wild T3).

Technické (minútové) teodolity



Obr. 4.25. Zorné pole stupnicového mikroskopu teodolitu THEO 020A

Zeiss THEO 020A (obr. 4.2).

Prístroj má otočný limbus a repetičnú svorku, sklenené kruhy a má odoberateľnú podložku. Je vybavený súosými svorkami (páčkami) a pohybovkami (skrutkami).

Ďalekohľad dáva vzpriamené obrazy, zväčšuje 25-násobne a je vybavený nitkovým diaľkomerom. Čítanie sa vykonáva stupnicovým mikroskopom (obr. 4.25). V okuláre mikroskopu, umiestnenom vedľa okuláru ďalekohľadu ďalekohľadu, sú viditeľné časti oboch kruhov, ktoré sú farebne rozlíšené. Na stupnici môžeme priamo čítať s presnosťou 1° . Pri meraní len vodorovných smerov, skrutkou na voľbu čítania, dá sa zastrieť obraz zvislého kruhu. Alidádová libela má citlivosť $30''$. Namiesto indexovej libely má prístroj automatickú stabilizáciu čítacieho indexu výškového kruhu. Má zabudovaný optický dostreďovač.

Presné sekundové teodolity

Zeiss THEO 010A (obr. 4.3)

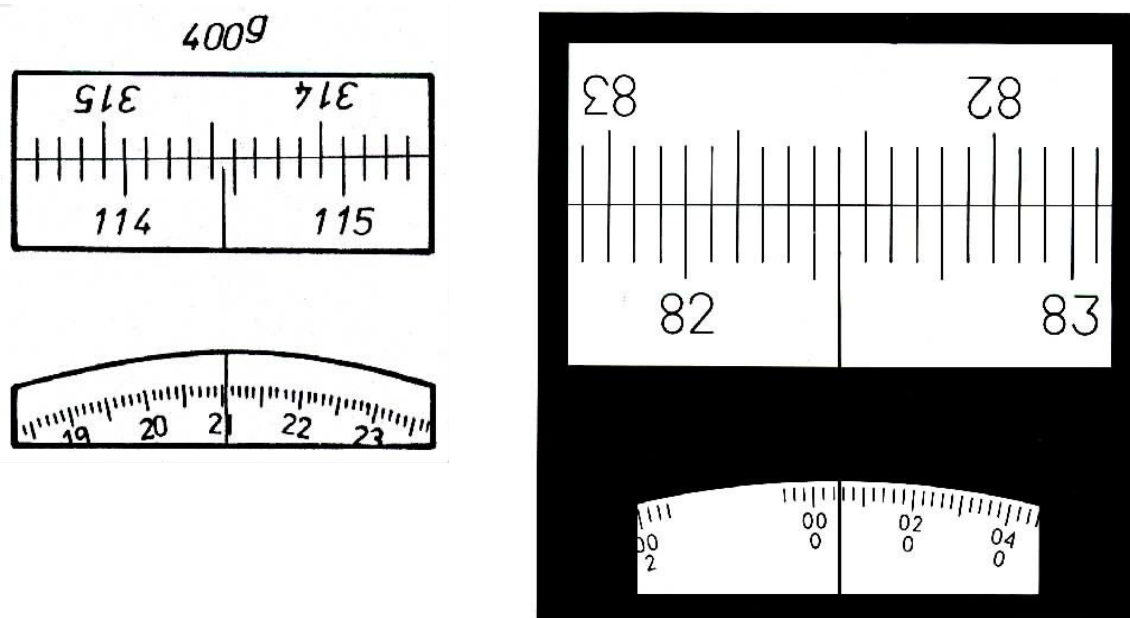
Má otočný limbus so skrutkou na postrk, odoberateľnú podložku, sklenené kruhy, čítací mikroskop s optickým mikrometrom a polodigitálny spôsob čítania. Najmenší dielik mikrometrickej stupnice je $2''$. Po koincidencii dvojrysiek vodorovného, resp. výškového kruhu uprostred zorného poľa čítacieho mikroskopu nie je potrebné hodnotu "desiatok minút" čítať podľa diametrálnych miest,

ale tento údaj sa priamo číselne objaví v okienku vedľa optického mikrometra (obr. 4.20). Spoločným zrkadielkom sa osvetľuje vodorovný a výškový kruh, na ktorých sa číta postupne podľa postavenia skrutky na voľbu čítania. Teodolit má 30- násobne zväčšujúci šošovkový ďalekohľad, ktorý dáva vzpriamené obrazy. Svorky a pohybovky sú súosé. Citlivosť libely je $20''$, výškový index sa stabilizuje automaticky. Má zabudovaný optický dostreďovač.

Veľmi presné teodolity

Teodolit Wild T3

Teodolit Wild T3 patrí medzi prístroje najvyššej presnosti. O jeho kvalite svedčí aj to, že jeho konštrukčná prepracovanosť a design sa za posledných viac než 60 rokov takmer nezmenil. Prístroj má odoberateľnú podstavcovú dosku, stavacie skrutky sú súčasťou spodnej časti (limbu). Ďalekohľad má tri vymeniteľné okuláre s 24, 30 a 40-násobným zväčšením, dáva prevrátený obraz. Vybavený je elektrickým zariadením na vnútorné osvetlenie kruhov a zámerného kríža, pri dennom svetle je každý kruh osvetľovaný samostatným zrkadielkom. Má čítací mikroskop s mikrometrom a koincenciou, najmenší dielik mikrometrickej stupnice je $1''$ ($0,2''$) (obr. 4.26). Výškový kruh je očíslovaný tak, že stredná hodnota výškového uhla sa získa z rozdielu čítaní v prvej a druhej polohe ďalekohľadu. Model prístroja T3A má v tubuse ďalekohľadu pevne zabudované autokolimačné zariadenie. Prístroj Wild T3 má vymeniteľný autokolimačný okulár, ktorý poskytuje 30-násobné zväčšenie. Citlivosť alidádovej libely je $6''$ a indexovej libely $13''$.

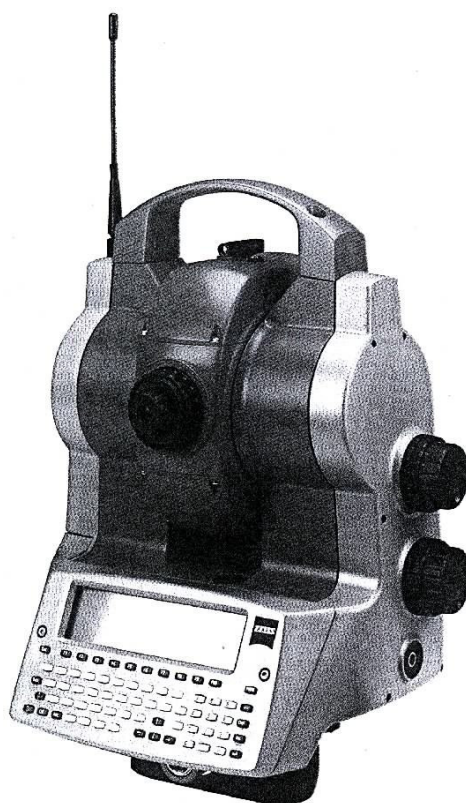


| | | |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Čítanie na kruhu: | $114^{\circ} 45'$ | $82^{\circ} 24'$ |
| Čítanie na optickom mikrometre: | $2'' 10,3''$ | $0' 00,5''$ |
| Výsledné čítanie: | $114^{\circ} 47' 10,3''$ | $82^{\circ} 24' 00,5''$ |

Obr. 4.26. Čítanie na teodolite Wild T3

4.3.2 Elektronické teodolity

Elektronický teodolit (ET) je vybavený elektronikou na meranie uhlov a dĺžok (obr. 4.27).



Obr. 4.27. Elektronický teodolit Elta S 10 SPECTRA PRECISION

ET sú v produkčnom programe všetkých firiem, ktoré vyrábajú geodetické prístroje. Navzájom sa líšia stupňom automatizácie meracieho procesu, presnosťou meraných veličín, komfortom obsluhy a konštrukčným usporiadaním meracích jednotiek.

Podľa konštrukcie ET rozdeľujeme na:

- ET s nasadzovacím diaľkomerom,
- ET so zabudovaným diaľkomerom,
- motorizované ET.

Podľa pomôcky na horizontáciu teodolitu máme ET s rúrkovou alidádovou libelou, alebo s elektronickou libelou (s dvojsovým kompenzátorom vertikálnej osi).

ET sú vybavené špecializovanými programami na meranie a vytyčovanie. Spoločným znakom elektronických teodolitov je digitálny výstup odmeraných údajov na displeji prístroja a ich registrácia. Prakticky u všetkých ET nájdeme možnosť:

- voľby jednotiek merania,
- merania zenitových uhlov alebo výškových uhlov,
- merania šikmých alebo vodorovných dĺžok,
- úpravy meranej dĺžky o súčtovú konštantu odrazového systému,
- voľby nárastu číslovania meraných bodov,
- zavedenia excentricity meraného bodu (pri meraní dĺžky na neprístupné miesto merania),
- numerické a alfanumerické zadávanie údajov,
- prehliadania a opravy registrovaných údajov,
- osvetlenie zámerného kríža a displeja, atď.

Na každom novom stanovisku merania sa štandardne zadáva:

- číslo stanoviska a orientačného bodu,
- výška prístroja a výška cieľa,
- tlak a teplota ovzdušia,
- východiskové uhlové čítanie.

ET sú vybavené optickým dostreďovačom (s laserovou stopou vertikálnej osi prístroja, napr. TPS 300) a možnosťou merania so závislou centráciou. Majú štandardné (základné) meracie programy a nadstavby, ktorými sa ET, v prípade potreby, vybavuje dodatočne. Užívateľ ET si podľa vlastných zvyklostí merania môže upravovať postupnosť daných a odmeraných údajov až do finálnej formy,

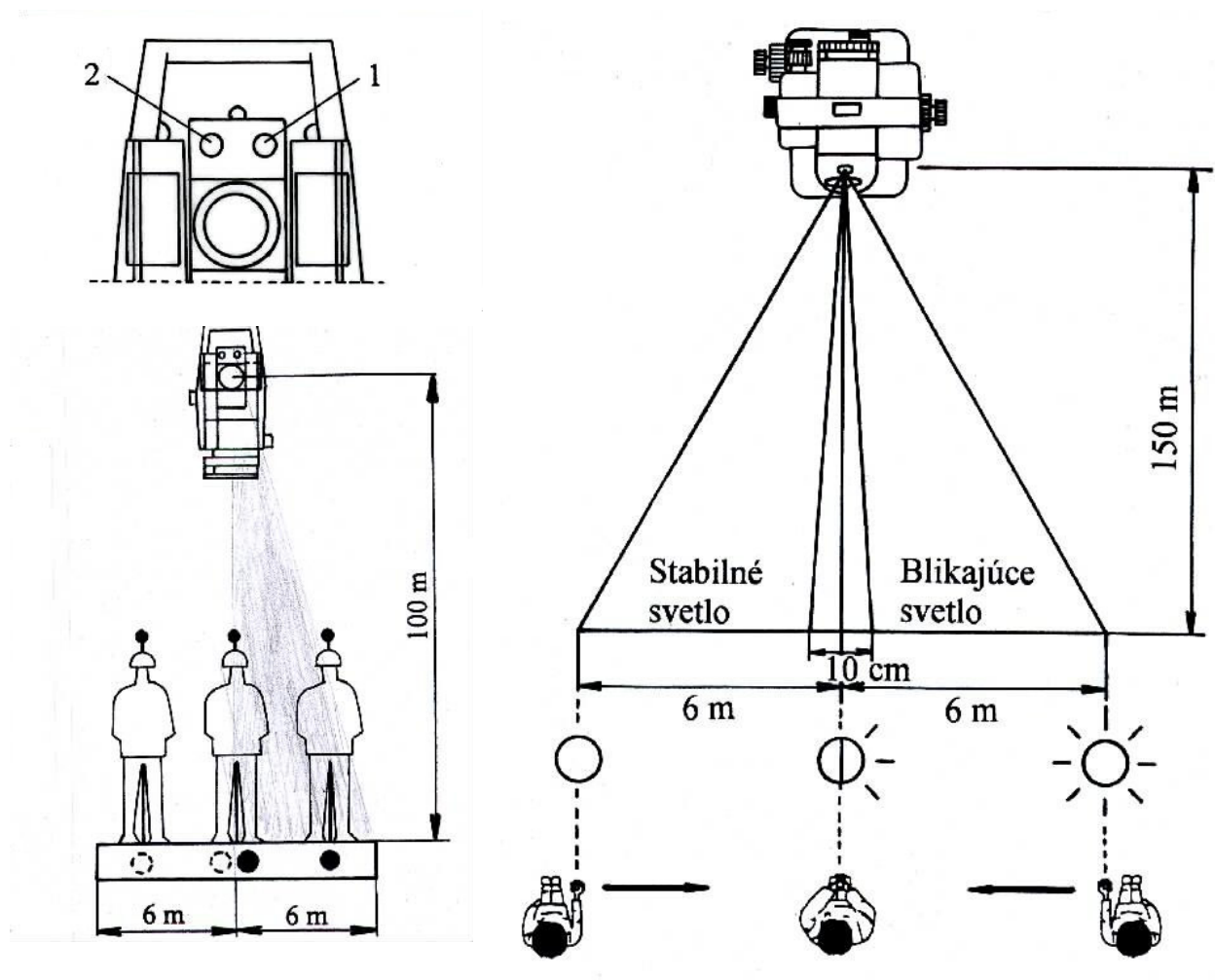
t. zn., že sa budú registrovať čísla a súradnice odmeraných bodov.

Napr. medzi základné programy merania v rôznej forme konfigurácie výstupu patrí:

- meranie uhlov a dĺžok,
- meranie polárnych súradníc,
- meranie uhlov v skupinách,
- určenie výšky stanoviska prístroja,
- určenie priestorových súradníc stanoviska merania pretínaním,
- určenie súradníc prechodného stanoviska,
- postupné určovanie vzdialenosti a uhlov medzi meranými bodmi,
- polárne vytyčovanie, ortogonálne vytyčovanie, kartézke vytyčovanie viazané na súradnicový systém a iné.

Niektoré ET sú vybavené aplikačnými programami, ktorých výsledkom spracovania odmeraných údajov môže byť:

- výpočet plôch,
- výpočet súradníc bodov polygónu,
- určovanie výšok neprístupných bodov,
- meranie vzdialenosti na neprístupný bod a iné.



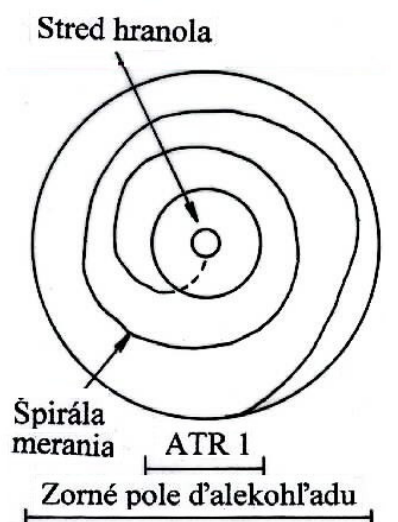
Obr. 4.28. Navádzacia dióda EGL1 Leica

Pri vytyčovaní napr. ET TPS Systém 1000 graficky znázorňuje polohu stanoviska merania, polohu odrazového zariadenia (hranola) a polohu vyžadovaného miesta vytýčenia. Zároveň počíta podľa zvolenej metódy vytyčovania napr. zmenu uhla, dĺžky a prevýšenia medzi odmeraným a vytyčovaným bodom ($\Delta\alpha$, Δs , ΔH), resp. priečnu odchýlku, pozdĺžnu odchýlku a prevýšenie (p , q , ΔH). Tieto údaje sa dajú zobrazíť na displeji odrazového zariadenia v mieste vytyčovaného bodu (Elta S 10 a S 20).

ET Elta S 10 a S 20 sú vybavené žltozeleným svetelným rozhraním na vytýčenie smeru. Pomocník so zrkadlom s 10 cm presnosťou nájde podľa žltozeleného rozhrania vyžadovaný vytyčovaný smer. Za rovnakým účelom ET TPS sú vybavené v ďalekohľade prístroja žlto-červenou blikajúcou diódou EGL1 navádzajúceho svetla (1, 2 obr. 4.28). Svetelné body sú viditeľné až do vzdialenosti 150 m.

Motorizované ET v ďalekohľade sú vybavené zariadením na automatické rozpoznávanie cieľa (Automatic Target Recognition – ATR). Tieto prístroje umožňujú automatické meranie uhlov a vzdialeností.

Prístroj sa predbežne nasmeruje prizorom na hranol odrazového zariadenia. V režime merania sa ET natočí automaticky pomocou motorov na stred hranola. Zabudované ATR vysiela laserový lúč. Odrazený lúč je prijatý vstavanou kamerou (CCD). Vypočíta sa poloha prijatého svetelného bodu s ohľadom na stred CCD. Horizontálne a vertikálne posuny sa prepočítajú na korekcie horizontálnych a vertikálnych uhlov a na riadenie motorov, ktoré otáčajú prístroj tak, aby bol zámerný kríž zacielený presne na stred hranola. Citlivá oblasť ATR je umiestnená do stredu zorného poľa ďalekohľadu, z ktorého predstavuje tretinu. ATR rozpoznáva stred hranola v rámci tejto citlivej oblasti. Pri hľadaní a rozpoznaní stredu hranola je zorné pole ďalekohľadu špirálovite prehľadávané tak, že citlivá oblasť ATR sa posúva do stredu hranola (obr. 4.29). Celkový čas na prehľadanie a rozpoznanie stredu hranola je asi 1 sekunda.



Obr. 4.29. Automatické rozpoznanie cieľa

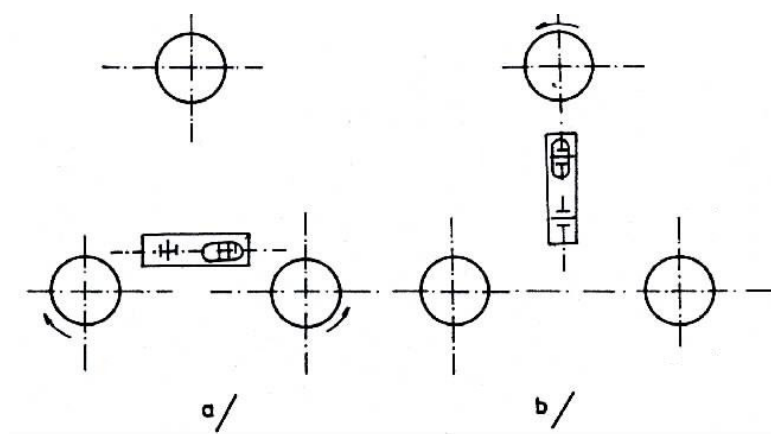
4.4 PRÍPRAVA TEODOLITU NA MERANIE

Pred meraním vodorovných alebo zvislých uhlov na danom bode – stanovisku – stabilizovanom v teréne, je potrebné najprv vykonať tzv. **úpravu teodolitu na stanovisku**. Táto úprava je nevyhnutným predpokladom k tomu, aby meraný uhol bol skutočne vodorovný alebo zvislý a aby jeho vrchol bol totožný s daným bodom. Výsledkom úpravy teodolitu je, že zvislá os teodolitu V je presne zvislá a prechádza daným bodom (kameňom s krížikom, geoklincom, kolíkom s klinčekom a pod.). Úprava teodolitu pozostáva z centrácie a horizontácie prístroja a z úpravy ďalekohľadu. Centrácia, čiže dostredenie prístroja predstavuje stotožnenie vrcholu meraného uhla s vertikálou prechádzajúcou daným bodom. Horizontáciou prístroja sa umiestňuje vertikálna os do zvislej polohy pomocou

stavacích skrutiek a libiel na alidáde. Úprava ďalekohľadu pred meraním predstavuje zaostrenie zámerného kríža, odstránení jeho paralaxy a prípadne sa osvetlí zámerný kríž.

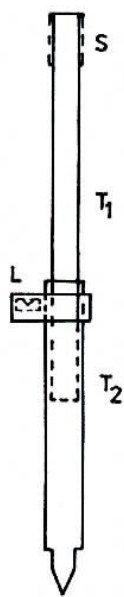
Centrácia a horizontácia prístroja

Pri meraní uhlov sa teodolit väčšinou upevňuje na stojane, alebo na centračnej doske (obr. 4.33). Nad daným bodom sa najprv postaví stojan tak, aby kruhový otvor v jeho doske bol nad značkou označujúcou vlastný bod a aby doska stojanu bola zhruba vodorovná. Po zatlačení nôh stojanu do zeme sa k doske stojanu upínacou skrutkou pripevní teodolit tak, aby bolo ešte možné s ním posúvať po doske stojanu. Podľa olovnice zavesenej na upínacej skrutke sa teodolit scentruje a napokon sa utiahne upínacia skrutka (nie príliš tuho, aby nedošlo k veľkému opotrebovaniu závitov stavacích skrutiek). Dĺžka olovnice zavesu sa upraví tak, aby hrot olovnice bol tesne nad značkou bodu.



Obr. 4.30 Horizontácia prístroja

Pri horizontácii prístroja sa stavacími skrutkami urovnáva alidádová libela. Keď sú na alidáde dve libely, kruhová a rúrková libela, horizontácia sa začína menej citlivou kruhovou libelou. Pri predbežnej horizontácii pomocou kruhovej libely sa otáča všetkými stavacími skrutkami pokiaľ sa bublina privedie do stredu libely. Pri urovnávaní pomocou rúrkovej libely sa otočí alidádou do takej polohy, že os rúrkovej libely je rovnobežná so spojnicou ľubovoľných dvoch stavacích skrutiek (obr. 4.30a).



Protismerným otáčaním stavacími skrutkami (k sebe alebo od seba) sa libela urovnáva. Smer pohybu otáčania stavacími skrutkami, kam sa má premiestňovať bublina libely, naznačuje pohyb ukazováka pravej ruky. Pri otáčaní skrutkami k sebe sa bublina pohybuje sprava naľavo, pri otáčaní od seba zľava doprava.

Po urovnaní libely v tomto smere sa alidáda otočí o 100° , os libely zaujme kolmú polohu k predchádzajúcemu smeru (obr. 4.30b) a urovná sa treťou stavacou skrutkou. Naznačený postup urovnania libely na obr. 4.30a, b sa opakuje tak dlho, až libelu nie je potrebné urovnávať, čím je prístroj zhorizontovaný.

Okrem olovnice s vlákonomým závesom, ktorou môžeme doceliť presnosť centrácie $\pm 1,5$ mm, pri centrácii niektorých teodolitov dá sa použiť tiež dostred'ovacia tyč (obr. 4.31), alebo optický dostred'ovač (obr. 4.32).

Obr. 4.31. Dostred'ovacia tyč

Dostred'ovacia tyč sa skladá z dvoch tuhých do seba zasúvateľných trubiek T_1 a T_2 (obr. 4.31). Trubka T_2 je zakončená hrotom, ktorý sa kladie na bod, kde sa prístroj centruje. Trubka T_1 sa

upevňuje na upínaciu skrutku stojanu S . Centrácia pomocou dostredovacej tyče sa vykonáva tak, že sa teodolitom pohybuje po doske stojanu dovtedy, až sa bublina kruhovej libely dostane do stredu. Centrovanie pomocou dostredovacej tyče sa s výhodou používa pri silnom vetre, vyššom vegetačnom kryte a pod., kedy by použitie olovnice so závesom robilo ťažkosť.



Presnosť centrácie dostredovacou tyčou závisí od citlivosti libely L . Môžeme ju doceliť až do hodnoty 0,3 mm.

Optický dostredovač. Modernejšie typy teodolitov sú väčšinou vybavené optickým dostredovačom, ktorý je zabudovaný do telesa alidády, resp. podstavca (Leica), alebo ju tvorí samostatná pomôcka (obr.4.32). Optickým dostredovačom môžeme doceliť presnosť centrácie 0,5 mm.

Skúška optického dostredovača. Ak má optický dostredovač dosiahnuť uvedenú presnosť, musí byť zámerná os optického dostredovača totožná so zvislou osou prístroja V .

Obr. 4.32. Optický dostredovač Wild ZBL

Teodolit (alebo samostatný optický dostredovač obr. 4.32) sa precízne zhorizontuje, na papieri pripevnenom pod stojanom na pevnej rovnej ploche sa vyznačí bod, ktorý predstavuje priemet stredu zámerného kríža (krúžku) optického dostredovača. Alidádou sa otočí o $1/3$ a $2/3$ kruhu a na papieri sa vyznačia polohy stredov zámerného kríža. Ak sa všetky tri body stotožňujú, zámerná os optického dostredovača je totožná s osou V prístroja. V prípade že sa nestotožňujú, vyznačí sa ich ťažisko, do ktorého sa rektifikačnými skrutkami (skrutkami na opravu) premiestni stred zámerného kríža optického dostredovača. Opakovanou skúškou sa overuje účinnosť zavedenej opravy. Presnosť optického dostredovača vymedzuje polomer vpísanej kružnice do odchýlkového trojuholníka.

Závislá centrácia je, ak sa teodolit (cieľová značka a iné pomôcky na meranie) vkladá už do scentrovanej podložky prístroja, napr. namiesto cieľovej značky (pri meraní v polygómovej sieti

obr. 4.49). **Nútenú centráciu** docielime vtedy, keď sa podložka s priskrutkovaným centračným prípravkom (napr. guľičkou privarenou k normalizovanému závit) (obr. 4.33) nasadí do púzdra na observačnom pilieri, alebo podložka prístroja sa priskrutkuje na závit privarený k doske observačného piliera, alebo na upínaciu skrutku vloženú do otvoru na doske observačného piliera.

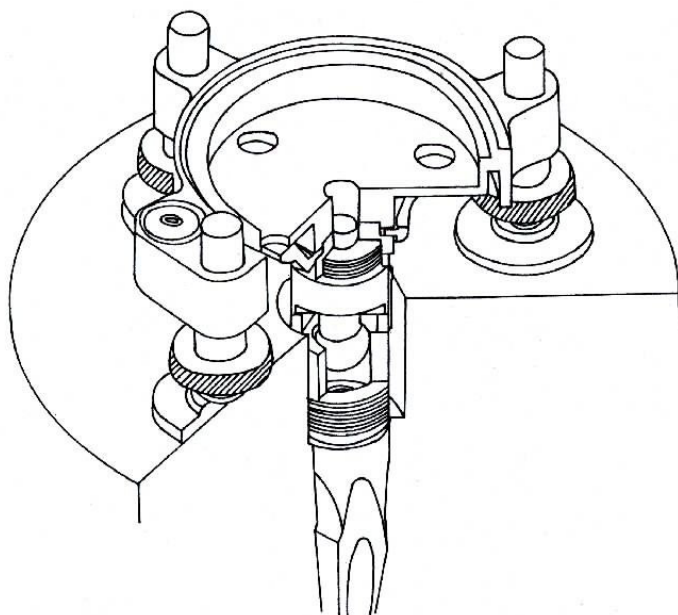
4.4.1 Skúška a rektifikácia teodolitu

Na to, aby sme spoľahlivo odmerali vodorovné a zvislé uhly nestačí teodolit len scentrovat' a horizontovat'. Okrem toho musia byť splnené ďalšie podmienky, ktoré vyjadrujú vzájomnú polohu osí prístroja (obr. 4.34):

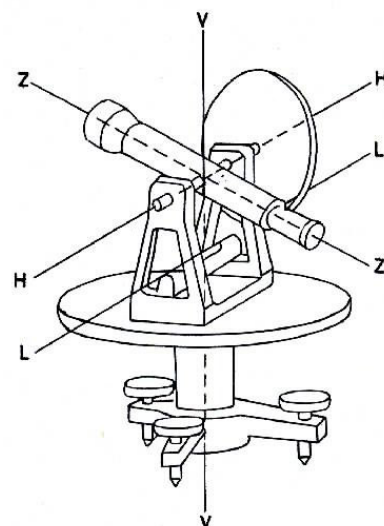
1. $V \perp L$ vertikálna os alidády V má byť kolmá k osi libely L , použitej k horizontácii prístroja.
2. $Z \perp H$ zámerná (kolimačná) os Z má byť kolmá na vodorovnú os H .

3. $H \perp V$ vodorovná os H má byť kolmá na os alidády V .
4. $L_n \parallel Z$ os nivelačnej libely má byť rovnobežná so zámernou osou.

Skúšky osových podmienok robíme na dokonale pevnom stojane, najlepšie na observačnom pilieri. V priebehu skúšok prístroj a stojan chránime pred priamym slnečným osvetlením slnečníkom.



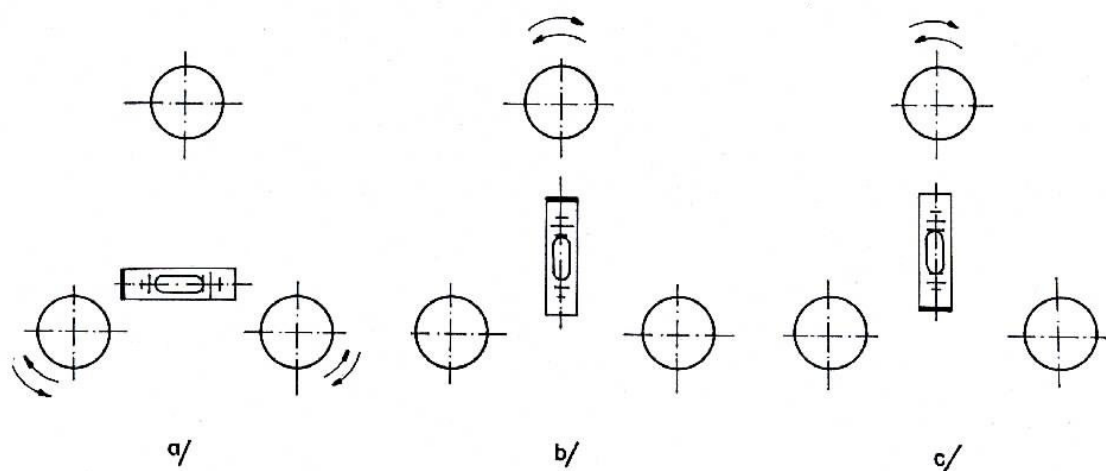
Obr. 4.33. Zariadenie na nútenú centráciu teodolitu



Obr. 4.34. Schematické znázornenie osí teodolitu

Skúška osovej podmienky $V \perp L$

Skúšku robíme pomocou alidádovej libely, ak je teodolit vybavený nivelačnou libelou, pomocou nivelačnej libely.



Obr. 4.35. Rektifikácia osovej podmienky $V \perp L$

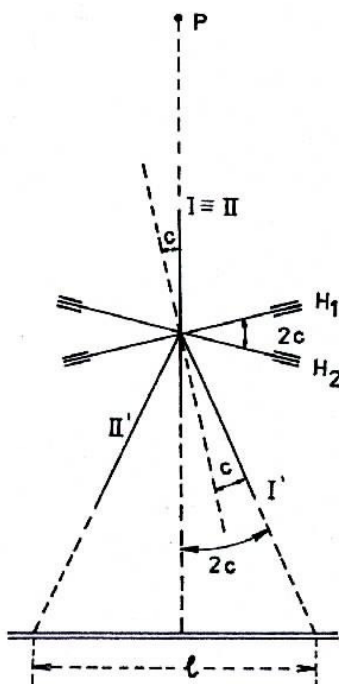
Postup skúšky pomocou **alidádovej** libely: Alidádovú libelu urovnáme najprv v smere dvoch stavacích skrutiek (obr. 4.35a), potom v smere tretej stavacej skrutky (obr. 4.35b). Urovanie v polohe a/ a b/ opakujeme dovtedy, kým bublina libely v uvedených polohách nevykazuje odchýlku od strednej polohy. Potom alidádu otočíme o 200° (obr. 4.35c) a prípadný výbeh bubliny libely odstránime – rektifikujeme z polovice stavacou skrutkou a z polovice rektifikačnou skrutkou alidádovej libely. Opakovanou skúškou kontrolujeme účinnosť opravy.

Postup skúšky pomocou **nivelačnej** libely: V záujme zrýchlenia celého rektifikačného procesu prístroj zhorizontujeme a na výškovom kruhu nastavíme čítanie 100^g (0^g). Alidádu otočíme tak, aby os nivelačnej libely bola rovnobežná so spojnicou dvoch stavacích skrutiek, s ktorými sa presne urovná. Potom otočíme alidádu o 100^g a nivelačnú libelu urovnáme treťou stavacou skrutkou a napokon sa otočí o 200^g . V tejto polohe výbeh bubliny odstránime z polovice pohybovkou zvislého kruhu a z polovice treťou stavacou skrutkou. Popísané úkony sa opakujú tak dlho, až nivelačná libela v postavení alidády a/, b/, c/ bude urovnaná. Ak vtedy alidádová libela nie je urovnaná, upravíme jej polohu v postavení c/ rektifikačnými skrutkami.

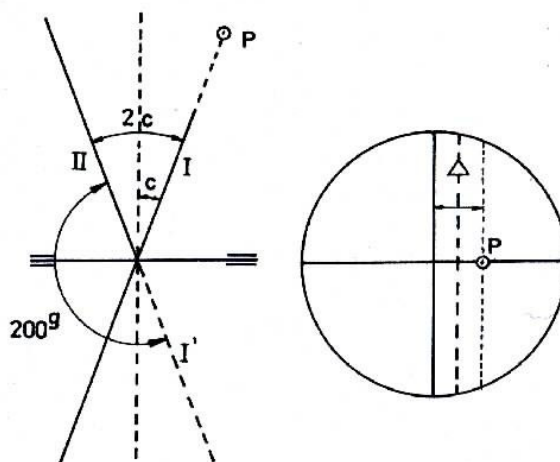
Alidádovú libelu rektifikujeme vtedy, ak je výbeh väčší ako 1 dielik delenia libely.

Skúška osovej podmienky $Z \perp H$

Keď nie je splnená táto podmienka, prístroj má **kolimačnú chybu**. Voľba metódy skúšky osovej podmienky $Z \perp H$ sa riadi podľa presnosti čítacej pomôcky na vodorovnom kruhu teodolitu.



Obr. 4.36. Skúška $Z \perp H$ pomocou štvornásobnej kolimačnej chyby



Obr. 4.37. Skúška $Z \perp H$ pomocou dvojnásobnej kolimačnej chyby

Postup skúšky pomocou **štvornásobnej** kolimačnej chyby (u menej presných – vernierových teodolitov): Zvislou ryskou ďalekohľadu zacielieme na vzdialený, približne v horizonte prístroja ležiaci bod P (zámera I na obr. 4.36). Ďalekohľad pretočíme do 2. polohy (I') a určíme polohu zámary na horizontále postavenom meradielku, umiestnenom asi vo vzdialenosti 20 m od prístroja. V 2. polohe ďalekohľadu znova zacielieme na bod P (zámera $I = II$), ďalekohľad pretočíme (vrátime) do 1. polohy a čítame polohu zámary na meradielku. Rozdiel čítaní na meradielku l vyjadruje štvornásobnú kolimačnú chybu ($4c$). Chybu odstránime posunom planparalelnej doštičky nesúcej zámerný kríž o $1/4$ úseku l (c). Posun sa vykoná pomocou vodorovne umiestnených rektifikačných skrutiek zámerného kríža.

Postup skúšky pomocou **dvojnásobnej** kolimačnej chyby: Ďalekohľadom, ako v predchádzajúcom postupe, zacielieme na bod P a čítame na vodorovnom kruhu ψ_1 (zámera I na obr. 4.37). Ďalekohľad pretočíme do 2. polohy a na vodorovnom kruhu nastavíme čítanie $\psi_1 + 200^g$ (zámera II). Ak má prístroj kolimačnú chybu, bod P sa nachádza mimo zvislej rysky zámerného kríža. Veľkosť odchýlky zodpovedá hodnote dvojnásobnej kolimačnej chyby ($2c$). Chyba sa odstráni posunom zámerného kríža o polovicu odchýlky.

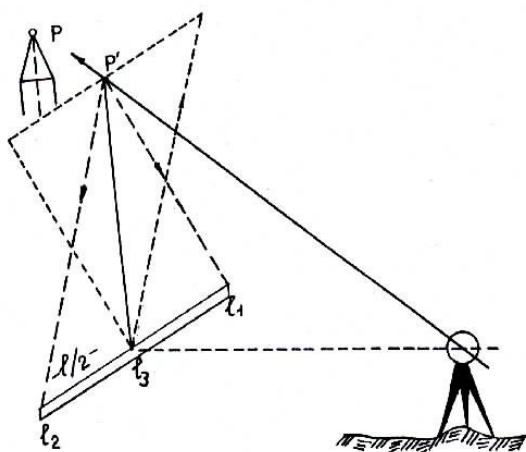
Skúška osovej podmienky $H \perp V$

Pri skúške tejto osovej podmienky zacielieme na vysoko položený bod P a sklopíme ďalekohľad. Na meradielku postavenom kolmo na os zámery vo vzdialenosti asi 20 m od teodolitu, čítame polohu zámery l_1 (obr. 4.38). Ďalekohľad pretočíme do 2. polohy a celý úkon sa opakuje. Zacielieme na bod P , sklopíme ďalekohľad a čítame na meradielku polohu zámery l_2 . Ak $l_1 \neq l_2$, os H nie je vodorovná a úsek l , daný rozdielom oboch čítaní, zodpovedá dvojnásobnému sklonu vodorovnej osi. Určíme čítanie

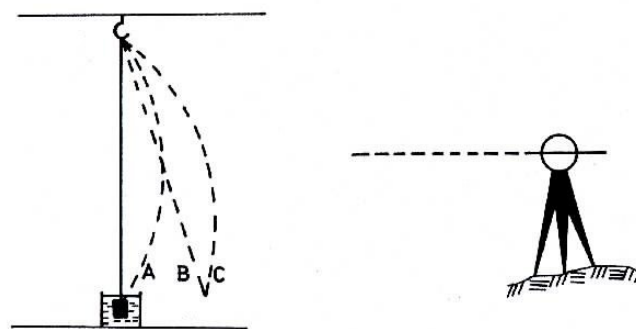
$$l_3 = \frac{l_1 + l_2}{2},$$

na ktoré sa nastaví pohybovkou zvislá ryska zámerného kríža a ďalekohľad sa nasmeruje na bod P . Odchýlka bodu od zvislej rysky zámerného kríža sa odstráni zdvihnutím alebo znížením jedného ložiska osi H .

Osové podmienky $Z \perp H$ a $H \perp V$ môžeme preskúšať súčasne. Použijeme dostatočne dlhý záves olovnice, ktorej pohyb sa utlmí v nádobe s tekutinou (obr. 4.39). Teodolit postavíme tak, aby na záves bolo možné zacieliť pod pomerne veľkým výškovým a hĺbkovým uhlom. Stredom zámerného kríža zacielieme na najvyšší bod závesu, ďalekohľad sklápame a pritom sledujeme dráhu, ktorú opisuje stred zámerného kríža. Keď má prístroj len kolimačnú chybu, zámerná priamka opisuje kužeľovú plochu a stred zámerného kríža sa pohybuje po plochej kužeľosečke (obr. 4.39 dráha A). Keď os H nie je vodorovná, stred zámerného kríža sa pohybuje po priamke odklonenej od zvislice (obr. 4.39 dráha B). Ak bude teodolit postihnutý obidvomi chybami, obe dráhy sa spočítajú a stred zámerného kríža opisuje krivku C (obr. 4.39).



Obr. 4.38. Skúška $H \perp V$



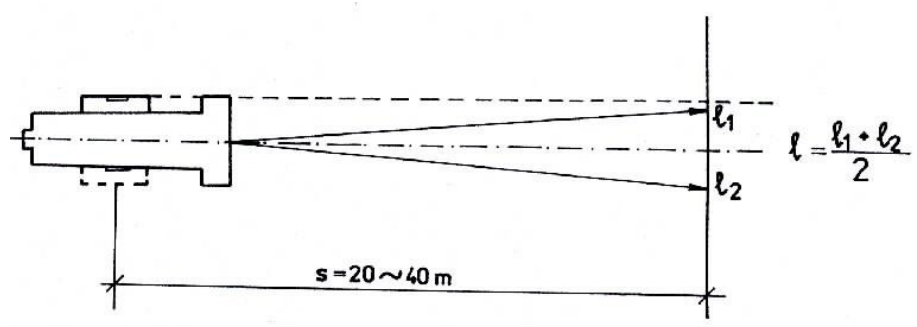
Obr. 4.39. Spoločná skúška osových podmienok $Z \perp H$ a $H \perp V$

Skúška osovej podmienky $L_n \parallel Z$

U teodolitov vybavených nivelačnou libelou, ak sa použijú na nivelačné práce, sa vykonáva skúška osovej podmienky $L_n \parallel Z$. Nivelačnú libelu urovnáme a na vertikálne postavenom meradielku vo vzdialenosti 20 až 40 m od prístroja čítame údaj l_1 (obr. 4.40). Ďalekohľad pretočíme do 2. polohy, urovnáme nivelačnú libelu a na meradielku čítame údaj l_2 . Ak $|l_1 - l_2| \geq 3 \text{ mm}$, prístroj nespĺňa osovú podmienku $L_n \parallel Z$. Nesplnenú osovú podmienku $L_n \parallel Z$ rektifikujeme tak, že pohybovkou nastavíme vodorovnú rysku zámerného kríža na údaj

$$l = \frac{l_1 + l_2}{2}$$

a výbeh bubliny nivelačnej libely opravíme rektifikačnými skrutkami. Účinnosť nasadenej opravy prekontrolujeme.



Obr. 4.40. Skúška osovej podmienky $L_n \parallel Z$

4.4.2 Skúška osových podmienok elektronických teodolitov

Osové podmienky ET s trubicovou alidádovou libelou kontrolujeme a rektifikujeme ako optické teodolity (kap. 4.41).

U ET s elektronickou libelou kontrolujeme osové chyby (podmienky) :

1. $V \perp L$ (l, t) pozdĺžnu chybu (l v smere kolimačnej osi) a priečnu chybu (t v smere horizontálnej osi) dvojsového kompenzátora (obr. 4.11),
2. (i) indexovú chybu vertikálneho kruhu,
3. $Z \perp H$ (c) kolimačnú chybu,
4. $H \perp V$ (a) chybu otočnej osi ďalekohľadu,
5. (ATR) kolimačnú chybu automatického rozpoznávania cieľa.

Napr. u ET TPS Systém 1000 Leica používame nasledovný postup preskúšavania a rektifikácie osových chýb. Zvolíme režim **Calibrácia** a postupne v poradí 1 až 5 kontrolujeme osové podmienky ET:

1. $V \perp L$ (l, t) predstavuje určenie indexovej chyby dvojsového kompenzátora. Po precíznom urovnaní elektronickej libely v ľubovlnom postavení alidády prístroja, štartujeme test podmienky (l, t). Po internom teste pozície kompenzátora prístrojom, je na displeji výzva na pootočenie prístroja o 200° . Akustickým signálom sa oznamuje dosťatočnosť splnenia podmienky otočenia prístroja o 200° . Po teste kompenzátora v 2. pozícii prístroja na displeji sa zobrazujú v uhlovej miere predchádzajúce a zistené indexové chyby kompenzátora v pozdĺžnom a priečnom smere. Po akceptovaní zistených indexových chýb odmerané vodorovné a výškové budú uhly automaticky opravované o chyby z nesplnenia osovej podmienky $V \perp L$. Určenie pozdĺžnej a priečnej osi kompenzátora vo vzťahu k zvislici zodpovedá stredu bubliny elektronickej libely.

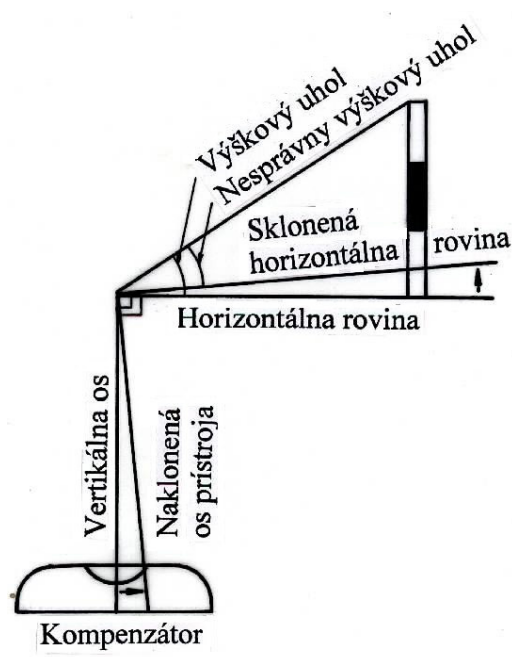
Motorizované ET vykonávajú určenie podmienky (l, t) automaticky po spustení prvého merania.

2. (i) Pri kontrole indexovej chyby meriame v dvoch polohách ďalekohľadu vzdialený, jemne zobrazený bod. Senzor sklonu indikuje odchýlku vertikálnej osi prístroja od zvislice o ktorú sa automaticky opravuje čítanie výškového uhla (obr. 4.41). Na displeji sa zobrazuje predchádzajúca a určená hodnota indexovej chyby. Zároveň vystupuje výzva, či určená hodnota indexovej chyby bude akceptovaná.

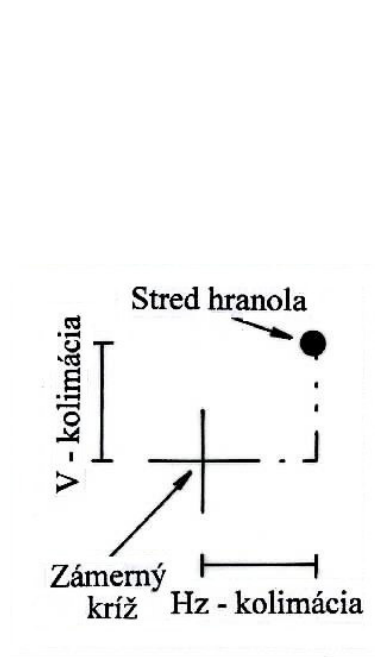
3-4. (c, a) Kolimačnú chybu a chybu otočnej osi ET môžeme prekontrolovať v jednom meracom postupe meraním v dvoch polohách ďalekohľadu. Pri osovej podmienke $H \perp V$ je podmienka, aby meraný bod bol $\pm 30^\circ$ nad alebo pod horizontom prístroja.

Motorizované prístroje sa po odmeraní v 1. polohe automaticky premiestňujú do 2. polohy. Merač musí iba prekontrolovať presné zacielenie.

5. (ATR) Kalibračná chyba ATR je odchýlkou medzi kolimačnou osou a stredo CCD kamery od priamky idúcej do stredu hranola (obr. 4.42). Meranie sa vykoná v dvoch polohách ďalekohľadu. Proces kontroly podľa voľby môže súčasne zohľadniť aj určenie indexovej chyby a kolimačnej chyby. Motorizované prístroje sa automaticky premiestnia do 2. polohy.



Obr. 4.41. Indexová chyba



Obr. 4.42. Kolimačná chyba automatického rozpoznávania cieľa

4.5 METÓDY MERANIA VODOROVNÝCH UHLOV

Pri meraní vodorovných uhlov sa používajú rektifikované teodolity, ktoré v rámci rektifikačných tolerancií spĺňajú osové podmienky ($V \perp L$, $Z \perp H$ a $H \perp V$). Prístroj má byť v rámci vyžadovanej presnosti zcentrovaný a zhorizontovaný, aby stred limbu bol na zvislici prechádzajúcej stanoviskom prístroja, v ktorej leží vrchol meraného uhla. Ak nie je prístroj správne zhorizontovaný, znehodnocujú sa výsledky merania hlavne pri strmých zámerách. Keď sa libela v priebehu merania málo vychýli, nesmie sa urovnávať. Ak je odchýlka väčšia, je potrebné celé meranie po urovnaní libely opakovať (napr. pri meraní na trati po prechode vlaku).

Všetky teodolity sú vybavené otočným ďalekohľadom, čo umožňuje merať uhly v dvoch polohách ďalekohľadu a tým vylúčiť kolimačnú chybu a chybu z nevodorovnej polohy osi H . Delenie vodorovného kruhu nie je úplne presné a rovnomerné. Tento nedostatok sa znižuje vhodným postupom merania uhlov v skupinách so zmenou východiskovej uhlovej hodnoty. Teodolitom zaobchádzame jemne, otáčanie alidádou a ďalekohľadom môžeme vykonávať len po uvoľnení príslušnej svorky. Po nastavení východiskovej uhlovej hodnoty na vodorovnom kruhu, doporučuje sa niekoľkokrát otočiť alidádou okolo vertikálnej osi v oboch smeroch.

Základným prvkom pri meraní uhlov je **meraný smer**. Je to uhlová hodnota ψ_n čítaná na vodorovnom delenom kruhu teodolitu, po zacielení na príslušný smer. Predstavuje ho uhol medzi nulovým smerom na limbe a priesečnicou zvislej zámernej roviny s vodorovným deleným kruhom. **Vodorovný uhol** sa získa medzi dvoma smermi z rozdielu čítaní na limbe. Ak sa na jednom stanovisku meria viac smerov, súboru vodorovných smerov sa hovorí **osnova meraných smerov**.

Vodorovné uhly môžeme merať niekoľkými metódami, z ktorých v praxi najčastejšie uplatnenie nachádza:

1. meranie uhlov v jednej polohe ďalekohľadu,
2. meranie uhlov násobením,
3. meranie smerov v skupinách,
4. meranie laboratórnej uhlovej jednotky.

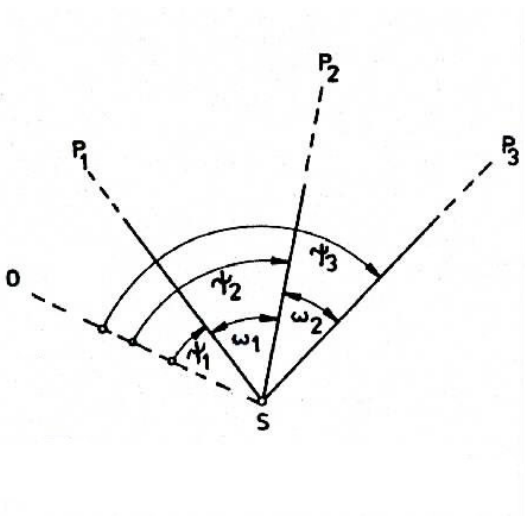
1. Meranie uhlov v jednej polohe ďalekohľadu (obr. 4.43).

Ďalekohľadom v prvej polohe zacielieme na ľavý cieľ a čítame na vodorovnom kruhu uhlovú hodnotu ψ_1 . Potom zacielieme na pravý cieľ a čítame uhlovú hodnotu ψ_2 . Z rozdielu oboch uhlových hodnôt určíme vodorovný uhol.

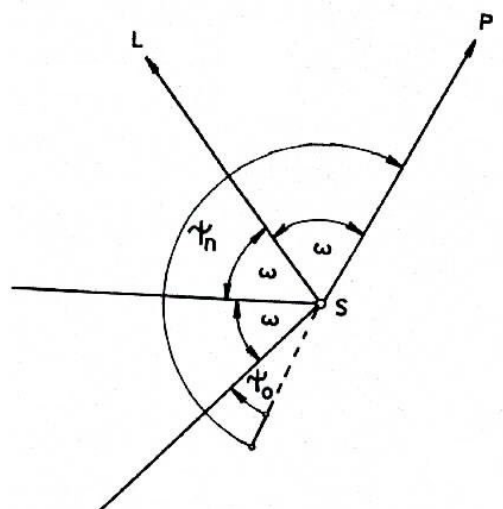
$$\omega_1 = \psi_2 - \psi_1 . \quad (4.3)$$

Keď $\psi_2 < \psi_1$ platí

$$\omega_1 = (\psi_2 + 400^g) - \psi_1 .$$



Obr. 4.43. Meranie uhlov v jednej polohe ďalekohľadu násobením



Obr. 4.44. Meranie uhlov násobením

Pri meraní vodorovných uhlov pod zacielením ďalekohľadu teodolitu sa rozumie nastavenie zvislej rýsky zámerného kríža na príslušný bod. Zacielenie sa vykoná tak, že pomocou priezora na telese ďalekohľadu sa približne zacieli na bod, utiahne sa alidádová svorka a svorka pohybu ďalekohľadu a pomocou pohyboviek stotožníme zvislú rýsku s meraným bodom.

Metóda jednoduchého merania uhlov sa používa v prípadoch, keď nie sú veľké nároky na presnosť meraných vodorovných uhlov.

2. Meranie uhlov násobením (Mayer 1752)

Meranie uhlov násobením je možné len dvojsoovým (repetičným) teodolitom s otočným limbom a s limbovou svorkou, alebo s repetičnou svorkou, ktorá umožňuje nezávislý pohyb alidády a limbu.

Podstatou metódy merania uhlov násobením je opakované pripočítavanie meraného uhla (obr. 4.45). Z metód merania uhlov násobením si uvedieme metódu **všeobecnej repetície**, a to pre teodolit s limbovou svorkou a repetičnou svorkou.

a) **Teodolit s limbovou svorkou.** Teodolit na stanovisku S scentrujeme a zhorizontujeme. Pri utiahnutej limbovej svorke a uvoľnenej alidáde na limbe nastavíme čítanie blízke nule. Utiahneme alidádovú svorku a po uvoľnení limbovej svorky nasmerujeme teodolit na ľavý cieľ L , utiahneme limbovú svorku, spresníme cielenie pomocou limbovej pohybovky a určíme východiskové čítanie ψ_0 . Nasleduje uvoľnenie alidády, ktorou sa otočí doprava a zacielieme na pravý cieľ P . Tým sa odmeral uhol ω prvýkrát (prvá repetícia). Potom sa repetície opakujú n -krát, pričom na ľavý cieľ sa cieľi vždy pomocou limbovej svorky a pohybovky (pri utiahnutej alidádovej svorke), na pravý cieľ pomocou alidádovej svorky a pohybovky (pri utiahnutej limbovej svorke). Pri n -tom zacielení (spravidla $n = 3$ až 5) na pravý cieľ, čítame konečné čítanie ψ_n . Výsledný uhol ω bude:

$$\omega = \frac{\psi_n - \psi_0}{n} . \quad (4.4)$$

b) **Teodolit s repetičnou svorkou.** Postup merania je analogický predchádzajúcemu prípadu s rozdielom, že funkcia limbovej svorky prechádza na repetičnú svorku.

Otáčaním alidády nastavíme na limbe čítanie blízke nule. Stlačením repetičnej svorky sa zopne limbus s alidádou. Uvoľnením alidádovej svorky a otočením alidády najprv hrubo zacielieme a po utiahnutí alidádovej svorky alidádovou pohybovkou jemne zacielieme na ľavý cieľ L . Uvoľníme repetičnú svorku a alidádovú svorku, otočíme alidádou doprava a zacielieme na pravý cieľ P . Postup pri ďalšej repetícii sa opakuje. Po zacielení na pravý cieľ zopneme limbus s alidádou a zacielieme na ľavý cieľ atď. Po n -tej repetícii určíme konečné čítanie ψ_n . Výsledný uhol ω vyjadruje vzťah (4.4).

Aby sa vylúčil vplyv osových chýb a chyby z exentrického postavenia alidády, organizuje sa meranie uhlov násobením v 1. a 2. polohe ďalekohľadu, pričom počet násobení n je v oboch polohách ďalekohľadu rovnaký. Výsledná hodnota uhla bude aritmetickým priemerom odmeraných údajov v 1. a 2. polohe ďalekohľadu:

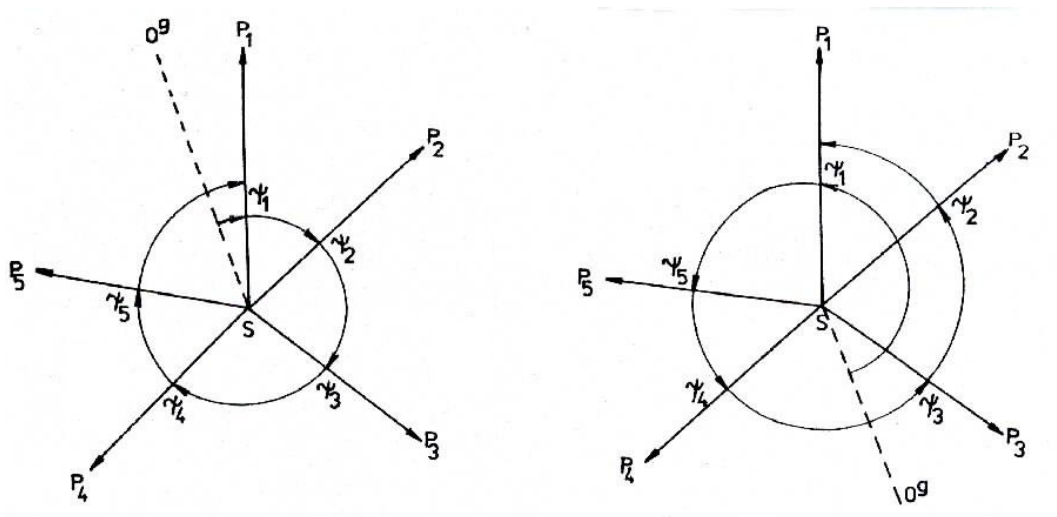
$$\omega = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} . \quad (4.5)$$

Metóda merania uhlov násobením umožňuje zvýšiť presnosť merania uhlov u menej výkonných dvojsových (repetičných) teodolitov tým, že sa znižuje počet čítaní uhlových hodnôt na vodorovnom kruhu. Napríklad u teodolitu Zeiss THEO 020 A s presnosťou čítania na $20''$, pri piatich opakovaniach merania (repetíciách) uhla, môžeme dosiahnuť strednú chybu vodorovného uhla $7''$. Meranie uhlov násobením sa uplatňuje hlavne v paralaktickej polygonometrii a všade tam, kde je potrebné určovať jednotlivé uhly s vyššou presnosťou.

3. Meranie smerov v skupinách (Struve 1820)

Princíp metódy merania smerov v skupinách spočíva v odmeraní osnovy vodorovných smerov v dvoch polohách ďalekohľadu, pričom uhly sa vypočítajú z rozdielu dvojíc príslušných smerov (obr. 4.45).

Ak meriame uhol medzi dvoma smermi (napr. v polygómovej sieti), organizujeme meranie tak, že v prvej polohe ďalekohľadu nastavíme východiskovú uhlovú hodnotu na bode P_1 , zacielieme na bod P_2 a čítame na vodorovnom kruhu. Potom ďalekohľad pretočíme do druhej polohy a zacielieme na bod P_2 , z ktorého prechádzame v opačnom smere ako v prvej polohe na bod P_1 (P_1, P_2 ; P_2, P_1). Ak počet meraných smerov je tri a viac, meranie v osnove smerov v 1. a 2. polohe ďalekohľadu končíme na východiskovom bode.



Obr. 4.45. Meranie smerov v skupinách (1. skupine)

Meranie osnovy smerov. Meranie začíname v prvej polohe ďalekohľadu. Za východiskový bod osnovy smerov volíme dobre zobrazený bod s priaznivým osvetlením počas merania celej osnovy smerov. Na východiskový bod P_1 nastavíme vyžadovanú uhlovú hodnotu (v 1. skupine hodnota blízka nule). Potom cielime postupne na jednotlivé body $P_2, P_3, P_4 \dots P_n$ v osnove tak, ako za sebou nasledujú zľava napravo. Osnova smerov končí opäť na východiskovom bode P_1 . Po každom zacielení čítame údaj vodorovného kruhu, ktorý zaznamenávame do zápisníka, u ET registrujeme. Čítaná hodnota na bode P_1 na záver osnovy smerov sa má zhodovať s počiatočným čítaním na bode P_1 . Rozdiely v oboch čítaniach môžu obsahovať len nevyhnutné náhodné chyby z merania. Hrubá nezhoda poukazuje na nejakú závalu v meraní, chybné čítanie, zmenu polohy prístroja, atď. V takomto prípade je potrebné meranie v prvej polohe ďalekohľadu opakovať.

Pretočíme ďalekohľad do druhej polohy a znova zacielime na východiskový bod P_1 . Na jednotlivé body osnovy potom cielime v opačnom poradí, a to postupne na body $P_1, P_n \dots P_3, P_2$ a opäť meranie ukončujeme na východiskovom bode P_1 . Odmerané uhlové údaje zapisujeme do zápisníka a kontrolujeme východiskovú a konečnú hodnotu na bode P_1 . Ak zistíme hrubú nezhodu medzi čítanými hodnotami, musíme meranie zopakovať. **Jednu skupinu** tvorí meranie v prvej a druhej polohe ďalekohľadu. Meraním v dvoch polohách ďalekohľadu sa odstraňuje kolimačná chyba a chyba z nevodorovnosti horizontálnej osi H .

Zvýšená presnosť merania sa docieľuje opakovaním merania v niekoľkých skupinách. Aby sa súčasne znížil vplyv z nerovnomerného delenia stupnice vodorovného kruhu, volíme východiskové uhlové hodnoty v jednotlivých skupinách podľa vzťahu:

$$\psi_0 = \frac{200^s}{s} + \frac{a}{s}, \quad (4.6)$$

kde s je počet skupín,

a je rozsah verniera, resp. mikrometra.

Napr. pre meranie v troch skupinách tedolitom Zeiss THEO 010 A volíme uhlové hodnoty, ktoré sú blízke nasledovným:

1. skupina: $0,0100^s$,
2. skupina: $67,0330^s$,
3. skupina: $133,0660^s$.

Meranie vodorovných smerov v skupinách sa používa pri meraní uhlov v polygómovej sieti (spravidla postačuje meranie v jednej skupine), pri zhusťovaní bodového poľa jednotlivou určenými bodmi (podľa presnosti použitého teodolitu sa meria v 1 až 3-och skupinách), pri tvorbe geodetických

vytyčovacích sietí (požadovaný počet skupín vyplynie na podklade analýzy presnosti merania, resp. vyžadovanej presnosti výsledkov merania), pri úlohách inžinierskej geodézie atď.

Záznam meraných údajov do zápisníka

Hodnoty čítané na vodorovnom kruhu sa priebežne zapisujú do “Zápisníka meraných vodorovných smerov” podľa vzoru uvedeného na str. 66.

Najprv zapisujeme meranie v prvej polohe ďalekohľadu (I. poloha – 1. skupiny) zhora nadol, do riadkov označených “I” k príslušným smerom. Po pretočení ďalekohľadu do druhej polohy (II. poloha – 1. skupiny), zapisujeme zdola nahor do riadkov označených “II”.

V priebehu merania zapisovateľ kontroluje, či sa v rámci nevyhnutných chýb z merania zhoduje východisková a konečná hodnota na bode P_1 a či uhlové hodnoty v oboch polohách si vzájomne odpovedajú. Kontrolou sa vylučujú hrubé chyby pri meraní.

Z výsledkov uhlových hodnôt I. a II. polohy už v priebehu merania počítame pre každý smer priemer skupiny, ktorý redukuje na východiskový smer. Z redukovaných priemerov jednotlivých skupín pre každý smer vypočítame priemer zo všetkých skupín. Priemer zo všetkých skupín na konečnom bode skupiny (P_1) spravidla nie je rovný nule. Zistenú uhlovú hodnotu rôznu od nuly

ZÁPISNÍK MERANÝCH VODOROVNÝCH SMEROV

| | | | | | | | | |
|---------------------------|--|--|---|--|--|---|--|--|
| Nomenklatúra: _____ | | | Stanovisko: <u>S1</u> | | | Teodolit: <u>THEO 010 A</u> č.: <u>398 124</u> | | |
| Číslo a názov bodu: _____ | | | Cieľ: _____ | | | postavený na: <u>STOJANE</u> uhlová miera: <u>GR.</u> | | |
| _____ | | | Meral: <u>J.Č.</u> dňa: <u>2.3.1989</u> | | | Stav poveternosti: <u>JASNO</u> +5 °C | | |

| Smer na | | 1 skupina | | | Priemer skupiny | 2 skupina | | | Priemer skupiny | 3 skupina | | | Priemer skupiny | Centračné zmeny | Priemer z.....skupín |
|---------------|-----|-----------|-----|------|-----------------|-----------|-----|------------------|-----------------|-----------|-------|------|-----------------|-----------------|----------------------|
| | | | | | Redukcia | | | | Redukcia | | | | Redukcia | cieľ stanovisko | Centrovany smer |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | | | | | | |
| 06 | I. | 0 | 02 | 50.0 | 02 500 | 65 | 32 | 99.0 | 33 007 | 130 | 63 | 48.0 | 63 474 | | |
| | II. | 200 | 02 | 50.0 | 00 00 | 265 | 33 | 02.4 | 00 00 | 330 | 63 | 46.8 | 00 00 | | 0 00 00 |
| 55 EX | I. | 77 | 90 | 81.0 | 90 82.8 | 143 | 21 | 30.8 | 21 303 | 208 | 51 | 77.0 | 51 74.9 | | 300 -16 |
| | II. | 277 | 90 | 84.6 | 88 32.8 | 143 | 21 | 29.8 | 88 29.8 | 8 | 51 | 72.8 | 88 27.5 | | 77 88 284 |
| P 5 | I. | 94 | 27 | 64.4 | 27 57.0 | 159 | 58 | 08.4 | 58 08.8 | 224 | 88 | 67.8 | 88 67.1 | | 11.9 -32 |
| | II. | 294 | 27 | 49.6 | 25 07.0 | 359 | 28 | 09.2 | 25 08.1 | 24 | 88 | 66.4 | 25 19.7 | | 94 25 087 |
| P 16 | I. | 143 | 69 | 87.8 | 69 81.1 | 209 | 00 | 37.2 | 00 35.6 | 274 | 30 | 82.2 | 30 72.5 | | 30.7 -48 |
| | II. | 343 | 69 | 74.4 | 67 31.1 | 9 | 00 | 34.0 | 67 34.9 | 74 | 30 | 64.8 | 67 26.1 | | 143 67 259 |
| P 17 | I. | 152 | 17 | 26.0 | 17 20.0 | 217 | 47 | 70.0 | 47 62.0 | 282 | 77 | 97.0 | 77 95.5 | | 59.8 -64 |
| | II. | 352 | 17 | 14.0 | 14 70.0 | 17 | 47 | 54.0 | 14 61.3 | 82 | 77 | 94.0 | 14 48.1 | | 152 14 534 |
| 06 | I. | 0 | 02 | 55.2 | 02 57.1 | 65 | 33 | 06.4 | 03 11.2 | 130 | 63 | 55.6 | 03 54.2 | | 08.1 -08.1 |
| | II. | 200 | 02 | 59.0 | 00 07.1 | 265 | 33 | 16.0 | 00 10.5 | 330 | 63 | 52.8 | 00 06.8 | | 0 00 00 |
| | I. | | | | | | | | | | | | | | |
| | II. | MERANIE | | | ZENITO | | | VÝCH | | | UHLOV | | | | |
| 06 | I. | 98 | 53 | 42.6 | 98 | 98 | 53 | 55.0 | 98 | 98 | 53 | 52.6 | 98 | | |
| | II. | 301 | 46 | 63.8 | 53 39.4 | 301 | 46 | 65.8 | 53 44.6 | 301 | 46 | 65.0 | 53 43.8 | | 98 53 426 |
| 55 EX | I. | 97 | 64 | 66.6 | 97 | 97 | 64 | 75.8 | 97 | 97 | 64 | 73.8 | 97 | | |
| | II. | 302 | 35 | 32.6 | 64 67.0 | 302 | 35 | 36.2 | 64 69.2 | 302 | 35 | 35.8 | 64 69.0 | | 97 64 686 |
| P 5 | I. | 95 | 49 | 64.4 | 95 | 95 | 49 | 64.4 | 95 | 95 | 49 | 48.0 | 95 | | |
| | II. | 304 | 50 | 59.2 | 49 52.6 | 304 | 50 | 42.8 | 49 60.8 | 304 | 50 | 55.0 | 49 46.5 | | 95 49 533 |
| P 16 | I. | 96 | 85 | 95.0 | 96 | 96 | 85 | 97.0 | 96 | 96 | 86 | 08.4 | 96 | | |
| | II. | 303 | 13 | 97.0 | 85 99.0 | 303 | 14 | 01.2 | 85 97.9 | 303 | 14 | 02.6 | 86 02.9 | | 96 85 999 |
| P 17 | I. | 96 | 57 | 44.6 | 96 | 96 | 57 | 50.0 | 96 | 96 | 57 | 50.8 | 96 | | |
| | II. | 303 | 42 | 60.6 | 57 41.7 | 303 | 42 | 64.8 | 57 42.6 | 303 | 42 | 55.8 | 57 47.5 | | 96 57 43.9 |
| | I. | | | | | | | | | | | | | | |
| | II. | MERANIE | | | UHLOV | | | NÁSOBE NÍM (N=3) | | | | | | | |
| δ_I | I. | 0 | 05 | 0 | | | | | | | | | | | |
| | II. | 16 | 21 | 9 | | 16 | 16 | 9 | | | | | | | |
| δ_{II} | I. | 200 | 04 | 8 | | | | | | 16 | 16 | 85 | | | 5 53 67 |
| | II. | 216 | 21 | 6 | | 16 | 16 | 8 | | | | | | | |

rovnomerne rozdelíme na všetky priemery jednotlivých smerov, ako je to ukázané v zápisníku meraných vodorovných smerov, čím dostaneme hodnoty meraných smerov. V záujme trvalejšieho uchovania zápisov v zápisníku, vykonáme jeho adjustáciu. Výsledné uhlové hodnoty prepíšeme tušom (v zápisníku čísla v hrubších rámčekoch).

Podľa odchýlok redukovaných hodnôt jednotlivých skupín od výsledného priemeru všetkých skupín, sa posudzuje kvalita vykonaného merania. Napr. keď sa použije na meranie sekundový teodolit, a odchýlka je menšia ako $15''$ ($5'$), meranie sa spravidla považuje za kvalitné. Keď odchýlka dosahuje dvojnásobnú hodnotu ($30''$), meranie je stále ešte použiteľné. Ak sú odchýlky väčšie, meranie sa musí opakovať.

4. Meranie laboratórnej uhlovej jednotky (Křovák 1936)

Meranie v laboratórnej uhlovej jednotke je usporiadané meranie uhla, pri ktorom je významne znížený vplyv chýb sústavy teodolit – stojan. Meranie trvá krátku dobu. Je možné predpokladať, že po celú dobu merania bude rovnaká refrakcia. Postup merania je znázornený v tab. 4.1. Po meraní v 1. skupine sa teodolit pretočí do 2. polohy a nastavuje sa čítanie $\alpha_0 + 100^\circ$, napr. $100,0050^\circ$. Laboratórna jednotka má 4 skupiny (meranie je v 8-ich radách).

Postup merania v laboratórnej uhlovej jednotke

Tabuľka 4.1

| Skupina | Rada | Smer | Poloha ďalekohľadu | Smer otáčania | Vychodiskové čítanie |
|---------|------|--------|-----------------------|------------------|-------------------------|
| 1 | I | L P | I | → | α_0 |
| | II | P L | | | |
| 2 | III | P L | II | ← | $\alpha_0 + 100$ |
| | IV | L P | | | |

4.5.1 Porovnanie presnosti merania uhlov násobením a v skupine

Na porovnanie presnosti oboch meračských metód zistíme strednú chybu uhla násobeného n -krát a zameraného v n -skupinách. Predpokladáme pri tom, že systematické chyby u oboch metód merania sú vylúčené a presnosť výsledkov ovplyvňovali len náhodné chyby:

- m_α stredná chyba v zacielení a
- m_β stredná chyba v čítaní.

Stredná chyba uhla meraného násobením

Z meračského postupu vyplýva, že pri každom násobení uhla cielime dvakrát (na L a P), pri n -násobeniach cielime $2n$ -krát. Čítame len dvakrát pri prvej a poslednej zámere. Stredná chyba odmeranej uhlovej hodnoty $\Omega = n \cdot \omega$ bude:

$$m_\Omega = \sqrt{2n m_\alpha^2 + 2m_\beta^2}.$$

Strednú chybu n -krát násobeného uhla $\omega = \frac{\Omega}{n}$ vyjadruje vzťah:

$$m_{\Omega \text{ nás.}} = \frac{m_\Omega}{n} = \sqrt{\frac{2}{n} \left(m_\alpha^2 + \frac{m_\beta^2}{n} \right)}. \quad (4.7)$$