

Praktická geometrie

7. Měření vodorovných úhlů

In: Pavel Potužák (author): Praktická geometrie. Část první. (Czech). Praha: Jednota českých matematiků a fyziků, 1945. pp. 123–133.

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/403122>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

7. MĚŘENÍ VODOROVNÝCH ÚHLŮ

(Obr. 131.) Při měření úhlů si musíme být vědomi úkonů jednotlivých částí theodolitu, abychom se vystříhali různých chyb nebo je omezili na nejmenší míru. Je nutno si pamatovat, že stroj:

1. má dvě odčítací pomůcky (vernieri, mikroskopy) označené čísly *I* a *II*, proti sobě na alhidádě umístěné (diametrálně), aby se v průměru obou čtení vyloučila chyba plynoucí z mimostředné (excentrické) polohy alhidády vzhledem k limbu. U strojů se skleněnými limby se též chyba vylučuje koincencí protilehlých dílků limbu. Nediametrálnost obou odčítacích pomůcek se odstraňuje prokládáním dalekohledu;

2. má mítí prokladný dalekohled, jehož proložením se odstraňují chyby

a) z mimostředné polohy záměrné přímky (svislé roviny) vzhledem k otáčecí ose alhidády,

b) z nekolmosti záměrné přímky k vodorovné otáčecí (točné) ose dalekohledu,

c) z nevodorovnosti otáčecí osy dalekohledu,

d) z nediametrálnosti odčítacích pomůcek, jak bylo již pod 1 zmíněno;

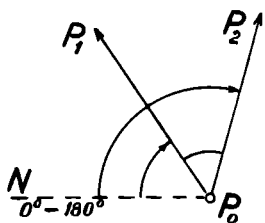
3. má nebo může mítí nestejnomyerné dělení limbu a chyba tím vznikající se dá odstranit nebo aspoň zmenšit podle jistých pravidel při měření vhodným měřickým postupem jako na př. měření v skupinách a řadách;

4. má býti při měření dobře urovnán (horizontován), neboť chyba v nesprávné poloze otáčecí osy alhidády se nedá odstranit. Konečnou horizontaci je nutno před měřením provést urovnáním stroje podle nejcitlivější libely. Jestliže během měření vykazuje libela menší vychýlení, nesmí se již stroj urovnávat. Jsou-li odchylky větší, nutno celé měření začít znovu;

5. se při měření otáčí jen v jeho vrchní části a to držením některé z ustanovek za hlavu drobnomyerného šroubu a za konec roubíku, který působí proti šroubu. Nikdy se nesmí otáčeti alhidádou tlakem na dalekohled. Dalekohledem se otáčí jen v rovině svislé.

Pokud jde o nestejnomyerné dělení limbu, je možno říci, že dnešní stroje jsou velmi dokonale děleny a případné menší odchylky mají význam jen při měření úhlů mezi směry na větší vzdálenosti.

Úhloměrný stroj se postaví v bodě P_0 způsobem, jak bylo již na str. 118 uvedeno. Při měření jednoduchým theodolitem má nula limbu libovolný směr a měřené směrníky jsou vztaženy k tomuto nulovému směru (v obr. 131 je označen N).



Obr. 131. Měření vodorovných úhlů.

K zaměření na bod P_1 se uvolní svěrný šroub alhidádové ustanovky a ustanovky svislé. Držením za hlavu drobnoměrného šroubu a konec roubíku na př. alhidádové ustanovky se otočí alhidádou s dalekohledem ve směru vodorovném tak, aby záměrná přímka se dala naříditi na bod P_1 , nejdříve hrubě podle průhledítka na dalekohledu. Proto musí být dalekohled uvolněn, aby se jím dalo otáčet ve svislé rovině. Jakmile se zaměřovaný bod objeví v zorném poli dalekohledu poblíže nitkového kříže, upnou se oba svěrné šrouby ustanovky alhidádové a svislé. Otáčením drobnoměrnými šrouby obou ustanovek se dalekohledem jemně otáčí ve směru vodorovném i svislém tak dlouho, až střed nitkového kříže přesně kryje záměrný bod, čili až svislá i vodorovná niť pulí záměrný terč. Nato se odečte úhlový údaj podle obou odčítacích pomůcek. Na I. vernieru se čtou stupně, minuty a vteřiny, na II. vernieru jen minuty a vteřiny. Oba úhlové údaje se zapíší do zápisníku. Stupně (grady) II. vernieru se jen kontrolují a nezapisují, neboť čtení se musí lišit o 180° nebo 200^g . Nato se uvolní svěrné šrouby ustanovek alhidádové a svislé, otočí se alhidádou doprava (ve směru chodu ručiček hodinových) a zaměří se na bod P_2 stejně jako na bod P_1 . Označíme-li úhel čtený pro bod P_1 znakem α_1 a pro bod P_2 znakem α_2 , dává jejich rozdíl velikost sevřeného úhlu

$$\omega = \alpha_2 - \alpha_1.$$

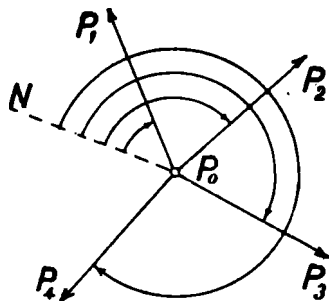
Takto získaný úhel je zatížen všemi chybami, které plynou ze závad nedokonale seřizeného stroje. K odstranění chyb



použije se způsobu měření úhlů ve skupinách a řadách, případně měření úhlů násobením čili repeticí.

Měření úhlů (směrníků) ve skupinách a řadách (obr. 132). Tohoto způsobu měření se užívá v podrobné triangulaci, polygonování a ve všech případech v praktické geometrii. Úhly se měří buď od nahodilého směru, užije-li se k měření jednoduchého theodolitu nebo od zvoleného směru, užije-li se dvojsošého stroje. Úhlům měřeným od určitého směru říkáme směrníky nebo osnova směrníková. Postup měření na dva nebo na více bodů je stejný. Při měření dvojsošým strojem se volí nulový (počáteční) směr na bod, který je jasně osvětlen a asi ve střední vzdálenosti zaměřovaných bodů.

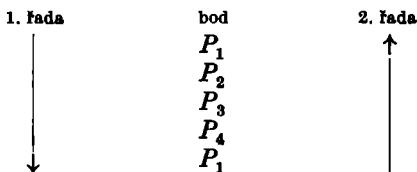
a) *Měření jednoduchým theodolitem* (obr. 132). Po dostředění a urovnání stroje na stanovisku P_0 zaujme nulový směr limbového dělení 0° — 180° nebo 0^g — 200^g nahodilou polohu N . Nejdříve se zaměří na bod P_1 způsobem dříve podaným, odečtou se oba verniery a čtení se zapíše do zápisníku. Stejně se zaměří na bod P_2 otočením alhidády doprava a odečte se úhlový



Obr. 132. Měření úhlů ve skupinách.

údaj. Obdobně se zaměří na body P_3 , P_4 atd. a otočením alhidády v tomtéž směru se znovu zaměří na bod P_1 . Úhlový údaj odečtený při zaměření na bod P_1 se musí shodovat se čtením obdrženým na počátku měření. Vyskytne-li se rozdíl, musí být úměrný vernierovému rozdílu a nesmí překročit 3 až 4násobnou hodnotu vernierového rozdílu. Je-li chyba větší, stala se nějaká chyba; buď bylo chybně zaměřeno, odečteno, nebo bylo strojem hnuto. Celé měření se musí nato opakovat. Zaměření směrů od bodu P_1 ve směru doprava s uzavřením celého kruhu zpět na bod P_1 se říká 1. řada.

Po dokončení 1. řady se dalekohled proloží, verniery tím vymění svá místa a opět se zaměří na bod P_1 otočením alhidády doleva a odečte se úhlový údaj. Zaměření na další body se vykoná otáčením alhidády doleva čili proti směru chodu ručiček hodinových. Celému kruhu od počátečního bodu ve směru doleva zpět k počátečnímu bodu se říká 2. řada. Čtení stupňů na I. vernieru v 2. řadě se liší od údaje stupňů I. vernieru v 1. řadě o 180° nebo 200° u každého směru. Aby údaje stupňů byly shodné, bylo by možno v 2. řadě čísti napřed II. vernier, avšak to by vedlo často k různým omylům a proto se zásadně čte v obou řadách napřed I. vernier a pak II. Výsledky se zapisují do zápisníku a to v 1. řadě shora dolů a u 2. řady zdola nahoru, jak ukazuje schema:



Obě řady tvoří skupinu. Otáčení alhidády doprava v 1. řadě a doleva v 2. řadě je odůvodněno tím, že otáčením je strhován limbus o nepravidelné hodnoty, jichž průměr označme v . Jejich vliv se uplatňuje podle následujícího schema:

Stanovisko	Bod	1. řada	2. řada	Průměr skupiny
P_0	P_1	O_1	$O_1 + 8v$	$O_1 + 4v$
	P_2	$O_2 + v$	$O_2 + 7v$	$O_2 + 4v$
	P_3	$O_3 + 2v$	$O_3 + 6v$	$O_3 + 4v$
	P_4	$O_4 + 3v$	$O_4 + 5v$	$O_4 + 4v$
	P_1	$O_1 + 4v$	$O_1 + 4v$	$O_1 + 4v$

Schema ukazuje, že průměr každého čtení je zatížen stejnou nebo skoro stejnou chybou a rozdíly mezi jednotlivými průměry poskytují správné hodnoty mezi zaměřenými směry.

Pro každý směr se ze čtyř čtení utvoří skupinový průměr. Ten se vypočte jen z minut a vteřin, čili z hodnot, v nichž se čtení liší. Za stupně se užije údaj I. vernieru.

Pro získání přesnějších výsledků je nutno měřiti úhly v několika skupinách. To se děje tak, že se pro každou skupinu stanoví nulový směr na limbu podle počtu skupin. Měří-li se v n skupinách úhloměrným strojem se dvěma odčítacími pomůckami, rovná se posun nulového směru

$$x = \frac{180^\circ}{s} = \frac{200^s}{s},$$

kde s je počet skupin. Volí-li se počátek 1. skupiny 0° , činí posun u 2. skupiny x , u 3. skupiny $2x$, atd. Na př. při měření ve třech skupinách činí posun $x = 180^\circ : 3 = 60^\circ$. Volí se proto za počátek 1. skupiny 0° , 2. skupiny 60° a 3. skupiny 120° . Podobně je tomu u gradového stroje. Není nutné otočit limbem přesně o hodnotu x , ale o úhel x zvětšený nebo zmenšený o několik minut, aby se přihlíželo též k chybě v minutovém dělení.

Tomuto požadavku se dá dobře vyhověti u strojů dvojosých, repetičních nebo s postrkem. U jednoduchého theodolitu je třeba postupovat jen v hrubých rysech. Místo otočení limbem je nutno před každou skupinou otočiti celým strojem na stojanu. Postup je tento: Nula I. vernieru se zastaví na 0° limbu a alhidádová ustanovka se upne. Povolí se spirálové pero na středním (spojném) šroubu a celým strojem i s třínožkou se na stojanu otočí až je dalekohled zhruba ve směru na počáteční (prvý) bod skupiny. Nato se stroj dostředí a urovná, spirálové pero se přitáhne a při urovnaném stroji se začne s měřením úhlů. Před 2. skupinou se opět nastaví nula I. vernieru na dílek x , na př. 60° a při upjaté alhidádové ustanovce se povolí spirálové pero, otočí se celým strojem na stojanu tak, jako u 1. skupiny. Podobně je tomu u každé další skupiny.

Při měření úhlů v několika skupinách se utvoří v každé skupině skupinové průměry a z nich pak průměr skupin.

b) *Měření dvojovým theodolitem.* Měření se provádí stejně s tím rozdílem, že nulový směr se dá otočit do žádané polohy přesně u strojů repetičních a hruběji u strojů s postrkem. Nulový směr lze dáti do směru rovnoběžného k jižní větvi osy X katastrální zobrazovací soustavy, při čemž je nutno znáti jižněk některé strany procházející stanoviskem nebo lze nulový směr zaříditi do směru magnetického poledníku nebo směrem na kterýkoliv bod. U repetičních strojů se nastaví nula I. vernieru v první poloze dalekohledu na příslušný dílek limbu, odpovídající počátku (nulovému směru) skupiny. Nato zůstane svěrný šroub alhidádové ustanovky upjat a veškeré pohyby ve vodorovném směru při zaměřování na počáteční bod se konají limbovou ustanovkou. Svěrný šroub limbové ustanovky se povolí a strojem se otočí tak, aby bylo možno zaměřiti na počáteční bod hrubě průhledítkem přes dalekohled (při uvolnění ustanovce limbové i svislé). Jakmile se zaměřovaný bod objeví v zorném poli dalekohledu poblíže nitkového kříže, upnou se svěrné šrouby ustanovky limbové i svislé a pracuje se jen s drobnoměrnými šrouby obou ustanovek. Jimi se zaměří přesně na bod a po zaměření se odečtou oba verniery. Limbová ustanovka zůstane nato upjata a na další body se zaměřuje jen při uvolnění alhidádové a svislé ustanovce. V 1. řadě se otáčí alhidádou doprava a v 2. řadě doleva, jak bylo již vysvětleno. Po skončení každé řady se přoloží dalekohled.

Po skončení I. skupiny se uvolní ustanovka alhidádová i svislá a nula I. vernieru se nastaví otočením alhidády o úhel x . Alhidádová ustanovka se nato upne a na počáteční bod se zaměří při uvolnění ustanovce limbové a svislé tak, jak bylo popsáno u I. skupiny. Podobně je tomu u dalších skupin.

Při měření ve skupinách se užívá limbové ustanovky jen při zaměřování na počáteční bod a v 1. řadě. Jinak se užívá při měření úhlů v 1. i 2. řadě jen ustanovky alhidádové a svislé.

Během měření se musí dávat na ustanovky pozor. Sebe-

menší pohyb limbovou ustanovkou místo alhidádové může znehodnotit měření a je nutno opakovat celou skupinu.

U strojů s postrkem lze otočit limbem o úhel x s přesností asi 1 minuty. Je-li postrkový šroub chráněn víčkem, nelze se ho během měření dotknout a tím odpadá nebezpečí nahodilého pohybu limbu. Zaměřování se děje jen alhidádovou a svislou ustanovkou.

Stane-li se během měření ve skupině, že stroj vykazuje chyby v urovnání nebo bylo strojem hnuto nějakým nárazem, je nutno stroj znovu urovnat a dostředit a začítí celé měření úhlů ve skupině znovu.

Úhlové zápisníky. Zápisník č. 3. Po každém zaměření na bod se odečtou oba věrniery (mikroskopy) a čtení se zapíše do zápisníku. Zápisníky jsou různě uspořádány a pro účely triangulační a katastrální se užívá několik druhů. V zápisníku č. 3 je uveden nejjednodušší druh pro měření úhlů v polygonové síti. Polygonové úhly se měří jen v jedné skupině a měří-li se na stanovisku úhly jen mezi dvěma směry, neprovede se celá řada s uzavřením na počáteční bod, nýbrž se dalekohled, proloží po zaměření na druhý bod a druhá řada se měří opačným směrem. Tato výjimka je učiněna z důvodu, aby pracovní postup byl rychlejší. Při více než dvou směrech na stanovisku se měří celá řada s uzavřením na počáteční bod. V zápisníku jsou zapsány úhlové hodnoty získané repetičním theodolitem firmy J. a J. Frič v Praze s odhadovými mikroskopy s nejmenším odhadem dílku 6".

V tomto zápisníku se utvoří v každé řadě průměr z obou čtení mikroskopů čili průměr řady a z průměrů řad se obdrží průměr skupiny. Odečte-li se průměr skupiny prvního směru ode všech dalších, obdrží se redukované průměry skupinové.

V mnohých případech se čtení na počáteční bod na konci řady považuje za kontrolní a nepočítá se s ním dále. Uvažuje-li se, je průměr ze všech čtení utvořen z dvojnásobného počtu a tím má dvojnásobnou váhu než ostatní průměry. V tomto případě se ostatní redukované průměry též opraví. Rozdíl mezi redukovaným průměrem na 1. a poslední řádce se stejnoměrně rozdělí na všechny redukované průměry, při čemž je nutno přihlížeti ke znaménku. Nazveme-li rozdíl x a dělíme jej počtem zaměřovaných bodů, obdržíme opravu x' , kterou se zřetelem k znamení připočítáváme takto: Redukovaný průměr prvního směru je $0^{\circ} 00' 00''$. Redukovaný průměr druhého směru se opraví o x' , třetího o $2x'$, čtvrtého o $3x'$ atd. Průměr na poslední řádce se

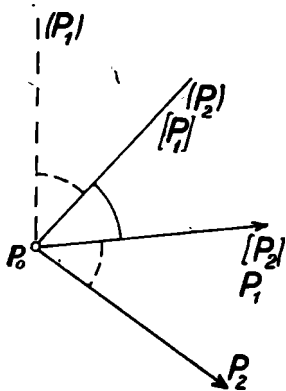
1	Δ 535	0	01 01	00 00	01	00	180	01 01	00 06	01	03	0	01	02	0	00	00	*)
	2	188	52 52	18 18	52	18	8	52 52	18 18	52	18	188	52	18	188	51	16	
2	1	0	02 02	00 00	02	00	180	02 02	18 18	02	18	0	02	09	0	00	00	
	3	175	11 11	12 18	11	15	355	11 11	24 24	11	24	175	11	20	175	09	11	
Δ 145	5	0	00 01	54 00	00	57	180	01 01	00 00	01	00	0	00	59	0	00	00	
	6	128	23 24	54 06	24	00	308	23 24	52 00	23	56	128	23	58	128	22	59	
	225	263	37 38	52 00	37	56	83	37 38	54 06	38	00	263	37	58	263	36	59	
	Δ 535	359	45 01	30 00	45	33	179	45 00	30 48	45	27	359	45	30	359	44	31	
	5	0	00	54	00	57	180	00	54	00	51	0	00	54				
								atd.										

1) Měřil dne... repetičním 6" theodolitem s odhadovými mikroskopy δ... firmy J. a J. Frič v Praze; 2) podpis... *) Počasí: Slunečno.

opraví o $nx' = x$ a musíme dospět k nulové hodnotě jako na první řádce.

Jak se vedou zápisníky pro měření úhlů v několika skupinách a jak se počítají, nutno poukázat na odbornou literaturu.

Měření úhlů násobením (repeticí) (obr. 133). Před nedávnem se užívalo ještě metody měření úhlů násobením, žádala-li se větší přesnost pro některý úhel. Touto metodou se měří velikost vždy jen jednoho úhlu. Měření se provádí jen repetičním strojem a obdržíme úhlovou hodnotu dvoj-, čtyř- atd. n -násobnou. Postup měření je následující:



Obr. 133. Měření úhlů násobením.

Na stanovisku P_0 se stroj urovňuje a dostředí. Limbová ustanovka se upne, povolí se alhidádová a otočí se alhidádou, aby nula I. vernieru souhlasila s nulou limbu nebo s některým dílkem blízko nuly. Přitáhne se alhidádová, povolí se limbová ustanovka a na bod P_1 se zaměří nejdříve hrubě a pak jemně drobnoměrným šroubem limbové ustanovky a ustanovky svislé. Čtení na obou vernierech se zapíše. Limbová ustanovka zůstane upjata, povolí se alhidádová a zaměří se na bod P_2 alhidádovou ustanovkou. Tím byl změřen jednoduchý úhel α , který

se odečte jen ve stupních pro kontrolu, kolikrát se při měření překročí 360° . K vyloučení chyb se proloží dalekohled, uvolní se limbová ustanovka, alhidádová zůstane upjata a zaměří se na bod P_1 limbovou ustanovkou. Nyní zůstane limbová ustanovka upjata a povolí alhidádová a touto se zaměří na bod P_2 . Odečte se úhlový údaj na obou vernierech a to je dvojnásobná hodnota úhlová. Obdobně se zaměří čtyřnásobná a několikanásobná hodnota. Na levý bod se zaměřuje vždy limbovou a na pravý alhidádovou ustanovkou.

K vyloučení chýb zbylých ve stroji se podle starších katastrálních předpisů prokládá dalekohled při každém lichém zaměření na bod P_2 , tudíž při α , 3α , 5α atd. Čtení úhlů se koná při 2α , 4α , 6α atd.

Při počítání úhlů je nutno dbáti toho, kolikrát byla při měření překročena hodnota 0° (360°).

V zápisníku č. 4 je uveden číselný postup při měření úhlů násobením.

Zápisník č. 4.

Stanoviško	Vísura	Čtení			Průměr		Hodnota			Poznámka
		o	'	"	'	"	o	'	"	
P_0	P_1	0	00	20 10		15				
	P_2 (2nás.)	189	45	50 40		45	189	45	30	$2\alpha_1$
	P_2 (2nás.)	(+360) 19	31	30 20		25	189	45	40	$2\alpha_2$
	P_2 (2nás.)	209	16	50 40		45	189	45	20	$2\alpha_3$

$$2\alpha = 189^\circ 45' + \frac{30 + 40 + 20}{3} = 189^\circ 45' 30'',$$

$$\alpha = 94^\circ 52' 45''.$$

Měření úhlů násobením se dnes zřídka užívá. Proti theoretické přesnosti v měřených úhlech, která je u měření násobením větší než při měření ve skupinách a řadách, ukázala zkušenost, že strhováním limbu se obdrží horší výsledky než při měření ve skupinách. To je důvod, proč se tak málo užívá.

Při měření úhlů v triangulacích vyšších řádů se užívá ještě jiných způsobů měření, o nichž se lze dočísti v učebnicích vyšší geodesie.