

Praktická geometrie

8. Tacheometrie

In: Pavel Potužák (author): Praktická geometrie. Část druhá. (Czech). Praha: Jednota českých matematiků a fyziků, 1949. pp. 147–172.

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/403240>

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>

8. TACHEOMETRIE ČILI RYCHLOMĚŘICTVÍ

Tacheometrie je měřický způsob stanovení prostorové polohy bodů současně ve směru vodorovném i svislém. Ve vodorovném směru je poloha bodu určena polárními souřadnicemi, vodorovným úhlem od daného směru a délkou vodorovné záměry. Ve svislém směru je hod dán výškovým úhlem, z něhož a délky vodorovné záměry se vypočte výškový rozdíl nad horizontem stroje.

K měření se užívá strojů zvaných tacheometry, tachymetry, celerimetry, stadimetry a v poslední době se ujal v češtině název dálkoměr. Tacheometrů je několik druhů:

a) nitkové, s užíváním svislé, skloněné nebo vodorovné latě,

b) pravítkové, s posuvnými stupnicemi a s latí svislou,

c) autoredukční, jež se dělí na diagramové, dotykové a dvojobrazové s užíváním svislé nebo vodorovné latě,

d) s tangentovým šroubem a s latí stálé délky,

e) s mikrometrovým čili nitkovým drobnoměrem okulárovým se svislou obyčejnou nebo logaritmickou latí,

f) přesné dálkoměry s optickými mikrometry a s vodorovnými latěmi,

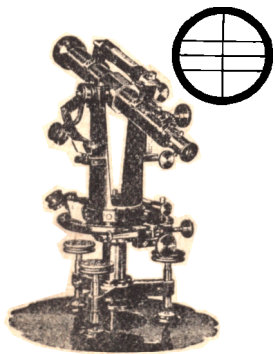
g) theodolity s optickým dálkoměrem dvojobrazovým a vodorovnou latí.

U nás se užívají nejvíce nitkové tacheometry uvedené pod a) a theodolity s dálkoměrným zařízením, uvedené pod g). Jen o těchto dvou bude pojednáno.

8.1. Nitkový tacheometr (obr. 100). Stroj se podobá úplně jednoduchému theodolitu, jehož dalekohled má zvětšení 10 až 30násobné. Nitkový kříž má tři vodorovné nitě a jednu svislou. Střední vodorovná niť se nazývá též nivelační a obě krajní vodorovné nitě se zovou dálkoměrnými. Vodorovné nitě jsou v přesné vzdálenosti od sebe. Dalekohled je pevně

spojen s trubkovou libelou, jejíž osa musí být rovnoběžna se záměrnou osou. Nejčastěji to bývá reversní libela, aby se dala snadno zjistiti indexová chyba. Niveláčnická libela umožňuje uživateli stroje k jednoduché nivelaci. Sázecká libela bývá zřídka užívána. Na alhidádě je upevněna jedna nebo dvě trubkové libely nebo libela krabicová.

Poněvadž se vodorovné úhly zužitkují jen ke grafickému zobrazování a svislé úhly slouží k výpočtu výškových roz-



Obr. 100. Fričův tacheometr.

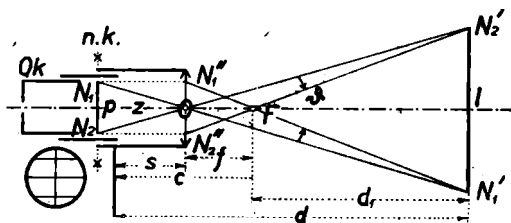
dílů mezi body v malých vzdálenostech, jsou oba kruhy, vodorovný i svislý, děleny na celé stupně nebo nanejvýše na půlstupně a vernier udává čtení s přesností jedné nebo půl minuty. Obvykle jsou tacheometry opatřeny pouze jedním vernierem nebo čárkovým mikroskopem, aby nedocházelo k omylům při čtení. Svislý kruh je často nahrazen jen částí kruhu a jeho číslování je provedeno tak, že při úhlech výšky se čtou údaje větší než 0° a při hloubkových úhlech údaje

menší než 360° . U některých strojů má svislý kruh dělení pravo- i levosměrné, počínaje od společné nuly a při měření je nutno rozlišovat výškové úhly $+$ a hloubkové úhly $-$.

Obr. 100 představuje tacheometr firmy J. a J. Frič s prokladným dalekohledem, jehož zvětšení je 25násobné. Vodorovný kruh je krytý a má v průměru 110 mm. Výškový kruh je nahrazen výškovým segmentem. Dělení na vodorovném kruhu i výškovém segmentu je provedeno na půl stupně. U obou dělení je po jednom vernieru, jež udávají čtení na 1 minutu. Na alhidádě je křížová libela a na dalekohledu niveláčnická libela reversní.

Za tacheometr lze užití každý theodolit, který má dálkoměrné nitě nebo jemné rysky vyryté na sklíčku a nivelační libelu na dalekohledu. Takovým theodolitům se říká univerzální.

Při měření se užívá obyčejné nivelační latě sklopné o délce 4 m a pouze v nepřehledném území se užívá ještě laťového nástavce o délce 1 m, takže lať měří celkem 5 m.



Obr. 101. Průchod paprsků tacheometrem.

Základní rovnice (obr. 101). Vodorovná vzdálenost latě od středu stroje se odvozuje z délky laťového úseku. Dálkoměrné nitě \$N_1\$ a \$N_2\$ se dalekohledem promítnou na lať do převrácených poloh \$N'_1\$ a \$N'_2\$ a na lati vytínají laťový úsek \$l = N'_1N'_2\$. Pro odvození vzorců označme

vzdálenost dálkoměrných nití $\overline{N_1N_2} = p = \overline{N'_1N'_2}$,

ohniskovou vzdálenost objektivu $\overline{OF} = f$,

vzdálenost obrazu nebo nití N_1N_2 od středu objektivu z ,

vzdálenost středu stroje od středu objektivu s ,

vzdálenost ohniska F od středu stroje $c = f + s$,

vzdálenost latě od ohniska F d_1 a

vzdálenost latě od středu stroje d .

Při správném zaměření na lať musí být vyhověno rovnici číčky

$$\frac{1}{d_1 + f} + \frac{1}{z} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

$Z \triangle N'_1FN'_2 \sim \triangle N'_1FN'_2$ plyne

$$p : f = l : d_1 \text{ čili } d_1 = \frac{f}{p} \cdot l. \quad (2)$$

Vzdálenost latě od stroje je dána výrazem

$$d = d_1 + c = \frac{f}{p}l + c = k \cdot l + c$$

nebo

$$d = d_1 + f + s = \frac{f}{p}l + f + s = k \cdot l + c. \quad (3)$$

Výraz pro k se označuje jako násobná konstanta a veličina c jako součtová konstanta.

Úhel $N'_1FN'_2 = \vartheta$ je pro daný dalekohled stálý a čím je lať dále od stroje, tím vytínají průměty nití na lati větší úsek. V odvozených výrazech se neuplatňuje ohnisková vzdálenost okulárové čočky a proto lze nahraditi čočku okulárem Ramsdenovým nebo orthoskopickým. Pro Huygensův okulár platí při výpočtu násobné konstanty jiný vzorec. Tohoto okuláru se však u tacheometrů málo užívá.

Ohnisko F sluje analaktickým bodem a paprsky, promítající nitě, svírají v něm stálý úhel ϑ . $Z \triangle ON'_1F$ plyne

$$f : \frac{1}{2}p = \cotg \frac{1}{2}\vartheta,$$

z čehož

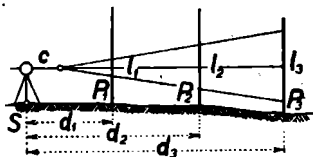
$$k = \frac{f}{p} = \frac{1}{2} \cotg \frac{1}{2}\vartheta \quad (4)$$

a pro $k = 100$ činí $\vartheta = 34' 23''$.

↳ Vloží-li se do dalekohledu další čočka a dalekohled se upraví tak, aby vzdálenost čočky od objektivu byla stálá, lze dočísti toho, aby vrchol úhlu ϑ padl do středu stroje. Čočka se pak nazývá analaktickou a při zaostřování na lať se musí pohybovat objektiv i s čočkou. Takový dalekohled sestrojil Inž. Porro. Těmto dalekohledům se říká analaktické a odpadá

u nich součtová konstanta. Při výpočtu se užívá jednoduchý vzorec $d = k \cdot l$. Vložením analaktické čočky do dalekohledu se mírně pozmění zvětšení dalekohledu a zeslabí částečně světelnost.

Násobná konstanta se volí nejčastěji rovná 100 a ve zvláštních případech se volí též 50 nebo 200. Součtová konstanta je závislá na velikosti stroje. Obě konstanty se dají určití nebo přezkoušeti přímým měřením. V rovném území (na dlažbě a pod.) se zvolí v přímce body S, P_1, P_2, P_3 atd. (obr. 102). Vzdálenosti $d_1 = SP_1, d_2 = SP_2, d_3 = \dots$ se změří pásmem. Délky d_n se volí různě dlouhé, ku př. $d_1 = 20$ m, $d_2 = 60$ m, $d_3 = 100$ m. Tacheometr se postaví nad bodem S , dostředí a urovná se. Pomocník drží svisle lať v bodě P_1 a při vodorovně urovnané nivelační libele se odečtou na lati údaje podle horní a dolní nítě. Pomocník pak přejde postupně na další body.



Obr. 102. Určení konstant tacheometru.

Jsou-li měřeny jen dvě délky nebo z měřených hodnot se užijí k výpočtu vždy jen dvě, máme mezi nimi vztahy

$$k \cdot l_1 + c = d_1, \quad (5)$$

$$k \cdot l_2 + c = d_2, \quad (6)$$

odečtením (5) od (6) rovnice obdržíme

$$k \cdot (l_2 - l_1) = d_2 - d_1.$$

z čehož

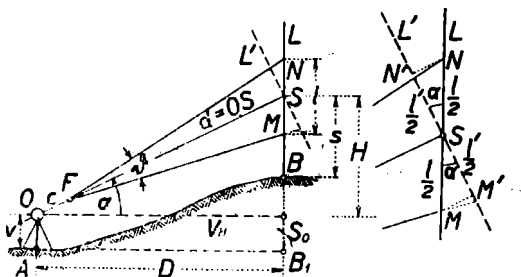
$$k = \frac{d_2 - d_1}{l_2 - l_1} \quad (7)$$

a velikost součtové konstanty se obdrží po dosazení za k do rovnice (5) nebo (6)

$$c = d_1 - k \cdot l_1 = d_2 - k \cdot l_2. \quad (8)$$

Je-li změřeno více délek než dvě, lze obě konstanty stanovit podle zásad vyrovnávacího počtu. Výsledky se ještě zlepší, změří-li se každá délka d_n vícekrátě pásmem a do počtu se dosadí aritmetický průměr výsledků měřené délky.

Pavučinová vlákna jsou u novějších strojů nahrazena jemnými ryskami na skle, které je upevněno ve clonce. Horní



Obr. 103. Měření tacheometrem se skloněnou záměrou.

i dolní ryska musí být ve stejné vzdálenosti od střední rysky a současně vzdálenost horní rysky od dolní (dálkoměrných rysek) musí odpovídat násobné konstantě $k = 100$.

Základní rovnice $d = k \cdot l + c$ nebo $d = k \cdot l$ platí pouze pro vodorovné záměry a lať drženou přesně svisle. Musí-li se zaměřovat na lať pod úhlem výšky nebo hloubky, je třeba vzorce upravit (obr. 103). Uvažujme případ, kdy je zaměřeno pod úhlem výšky α , který platí pro střední niť. Nítě se promítají do poloh N, S a M na lať a vzdálenost MN je laťový úsek l . Kdyby lať byla kolmá ke střední záměře OS , byl by na ni odečten úsek $l' = N'M'$. Jeho velikost se dá vypočísti z $\triangle SNM$, který považujeme za pravoúhlý u vrcholu N' , neboť úhel u N' se liší od pravého o $\frac{1}{2}\vartheta \doteq 17'$. Tu platí

$$\frac{1}{2}l' = \frac{1}{2}l \cos \alpha.$$

Obdobně je tomu v $\triangle SMM'$ a vzhledem k oběma trojúhelníkům lze psát

$$l' = l \cdot \cos \alpha. \quad (9)$$

Délka skloněné záměry se rovná

$$d = k \cdot l' + c = k \cdot l \cdot \cos \alpha + c. \quad (10)$$

Vodorovná vzdálenost $D = OS_0 = AB_1$ je redukovanou vzdáleností ve vodorovné rovině a rovná se

$$D = d \cdot \cos \alpha = k \cdot l \cdot \cos^2 \alpha + c \cdot \cos \alpha \quad (11)$$

a výškový rozdíl

$$H = d \cdot \sin \alpha = k \cdot l \cdot \cos \alpha \sin \alpha + c \cdot \sin \alpha. \quad (12)$$

Pro běžné účely tacheometrické se vzorce (11) a (12) zjednoduší tím, že se položí $c \cdot \cos \alpha = c \cdot \cos^2 \alpha$, neboť rozdíl tím plynoucí nepřesahuje v běžných případech 4 až 5 cm a to je v mezích přesnosti tacheometrického měření. Tím se vzorce pozmění na

$$D = (k \cdot l + c) \cos^2 \alpha, \quad (13)$$

$$H = D \cdot \operatorname{tg} \alpha = (k \cdot l + c) \sin \alpha \cos \alpha = \\ = \frac{1}{2} (k \cdot l + c) \sin 2\alpha. \quad (14)$$

Označíme-li výraz $(k \cdot l + c) = d_0$, obdržíme po dosazení do (13) a (14)

$$D = d_0 \cos^2 \alpha, \quad (15)$$

$$H = \frac{1}{2} d_0 \sin 2\alpha. \quad (16)$$

Stejně výrazy dostaneme v případě, kdy bylo na lať zaměřeno pod hloubkovým úhlem. Do vzorců se dosadí úhel se záporným znaménkem. Délka vyjde vždy kladná a výškový rozdíl bude záporný. Platí proto odvozené vzorce (11) a (12) nebo (13) a (14), případně (15) a (16) všeobecně a při dosazování funkce úhlu je třeba jen brát zřetel na znaménko úhlu.

Výška bodu B se vypočte následovně:

K výšce bodu A se připočte výška stroje v , tím se obdrží výška horizontu stroje $V_H = V_A + v$. Dalším připočtením výškového rozdílu H se obdrží výška bodu S na lati a odečtením údaje s (střední nitě) se získá výška bodu B . Bude tudíž

$$V_B = V_H + H - s = V_A + v + H - s. \quad (17)$$

Při hloubkovém úhlu vyjde H záporně a dosadí se do výrazu s příslušným znamenkem.

K výpočtu vzdáleností a výškových rozdílů se mnohde užívá tacheometrického pravítka. To však není tak přesné a poskytuje výsledky s nestejnou přesností a proto se dává přednost tacheometrickým tabulkám, jež jsou sestaveny pro šedesátinné a setinné dělení.

V tabulkách *Ant. Prokeše „Táta“*, pro setinné dělení, jsou údaje sestaveny po desítkách metrů s krokem funkcí po 1 cg. Tacheometrický vzorec (11) je pro tabulkování upraven na výraz

$$k \cdot l \cos^2 \alpha = kl - kl(1 - \cos^2 \alpha) = k \cdot l - k \cdot l \cdot \sin^2 \alpha$$

a vzorec zní

$$D = k \cdot l - k \cdot l \cdot \sin^2 \alpha + c \cdot \cos \alpha.$$

Výraz (12) je v tabulkách bez další úpravy.

(Obr. 104.) Výška stroje nad bodem se odměří pomocným pásmem, jež tvoří součást stroje a jeho délka je již zkrácena o vlastní výšku stroje nad závěsem olovnice a o průměr pouzdra a délku hrotu. Po zavěšení do háčku pro olovnici se pásmo odvine tak, až se hrot dotýká povrchu značky bodu



(kamene, kolíku). Není-li takové pásmo po ruce, užije se svinovacího dvojmetru, jehož počátek se dotýká povrchu značky a odečteme u středu otáčecí osy dalekohledu.

Při měření s vodorovným dalekohledem je výškový úhel roven nule a v tomto případě se výpočet zjednoduší, neboť $H = 0$ a vodorovná vzdálenost $D = k \cdot l + c$. Též výpočet výšky bodu je jednodušší, neboť

Obr. 104.
Pásmo k měření výšky stroje.

$$V_B = V_A + v - s = V_H - s.$$

Při měření s vodorovným dalekohledem se vlastně provádí geometrická nivelace kupředu s optickým měřením vzdáleností. Tu se zjednoduší výpočty i měření v poli a proto se pod vodorovnou měří vždy, kdykoli to je jen možné.

Odčítání dálkoměrných nití. Při měření pod úhlem výšky nebo hloubky se nastavuje prvá dálkoměrná niť, která se v dalekohledu jeví jako horní, na celý metr nebo decimetr. Tím se usnadňuje čtení podle dolní dálkoměrné nitě, neboť horní niť se dá stále ovládati drobnoměrným šroubem svislé ustanovky. Poněvadž se při měření může nivelační lať, v tomto případě tacheometrická, pohybovati, je dobře si zvyknouti na současné čtení všech tří nití. Podle nivelační čili střední nitě se čtou údaje na lati jen na centimetry, kdežto údaje podle dálkoměrných nití je nutno čísti na milimetry, neboť 1 mm laťového úseku znamená již odchylku 10 cm. K usnadnění a zrychlení odčítání je proto výhodné, nastavovati horní dálkoměrnou niť na celý, předem volený dílek a v téžže okamžiku přečísti údaj podle dolní nitě.

U důležitějších bodů se čtou všechny tři nitě, u méně důležitých stačí čísti jen údaje podle dálkoměrných nití a jejich aritmetický průměr se považuje za čtení podle střední nitě. Odčítá-li se též střední (nivelační) niť, je tím dána kontrola čtení podle dálkoměrných nití.

Někdy se postupuje též tak, že se nastavuje horní dálkoměrná niť na celý metr, odečte se údaj podle dolní nitě a do zápisníku se zapíše jen délka laťového úseku a údaj nivelační nitě. Je řada různých způsobů v měření a odčítání nití, jichž hlavním cílem je zrychlení polních i kancelářských prací, neboť počet zaměřených bodů je vždy veliký.

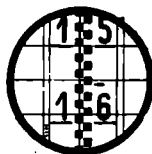
Obr. 105 ukazuje odčítání na lati. Údaje jsou: podle horní nitě 1500, podle střední nitě 1544 a podle dolní nitě 1589. Laťový úsek se rovná 0,089 m.

Po odečtení nití se přečte vodorovný a po něm svislý úhel. Všechny údaje se zapisují hned do zápisníku.

Zvláštní ulehčení kancelářských prací nastává, když se nivelační niť nastavuje na údaj rovný výšce stroje, zaokrouhlené na nejbližší decimetr. Tu je $s = v$ a výška bodu se rovná

$$V_B = V_A + H.$$

Výšku stroje lze na lati označiti gumovou páskou, obepínající lať nebo drátem upevněným na vhodném böhounu.



Obr. 105. Čtení na lati: 1500, 1544, 1589.

Tacheometrický zápisník

Stanoviško, výška stroje v stanoviška V horizontu V_H	Bod	Čtení na lati podle nitě			Úhel				Laťový úsek l
		horní	střední	dolní	vodorovný		svislý		
					°	'	°	'	
1	2	3	4	5	6		7		8
<i>B</i> $v = 1,41$ $V_B = 352,63$ <hr/> $V_H = 354,04$	<i>A</i>	1000	1874	2748	45 225	31 31	359	41	1,748
	<i>K</i>	1000	2225	3450	180 0	57 57	0	22	2,450
	<i>C</i>	—	3000	3973	245 65	12 12	0	31	1,946
	36	2000	—	2732	48	50	359	19	0,732
	37	1000	—	2483	55	20	0	11	1,483
	38	2000	—	2219	62	13	0	08	0,219
	39	3000	—	3623	66	31	357	48	0,623
	40	2000	—	2451	67	21	352	56	0,451

Vývoňlivky k zápisníku. Do sloupce 1 se zapíše označení stanoviška, výška stroje nad bodem, výška bodu a výška horizontu stroje. Ve sloupci 2 se uvedou nejdříve čísla tachymetrických stanovišek, jež slouží k usměrnění měření, pak čísla bodů tachymetricky zaměřených. Ve sloupci 3, 4 a 5 se zapisují údaje podle nití na lati, u důležitých bodů se odečtou všechny tři nitě, u podružných jen dálkoměrné nitě. Kde nelze některou nit pro překážky číst, odečte se jen střední a jedna dálkoměrná. Laťový úsek se pak násobí dvěma. Ve sloupci 6 a 7 se zapisují vodorovné a svislé úhly, při čemž vodorovné úhly na důležité body se zaměřují v obou polohách dalekohledu. V 8. sloupci se zapíše délka laťového úseku. Uvedené sloupce se vyplňují v poli. V kanceláři se vypočtou údaje pro další sloupce 9 až 14 podle vzorců, jež jsou uvedeny v záhlaví zápisníku. V posledním 15. sloupci se kromě výšek stanovišek, zjištěných nivelací, uvede druh a číslo užitého stroje, počasí, poukazy na další zápisníky atd.

($k = 100$, $c = 0,40$ m).

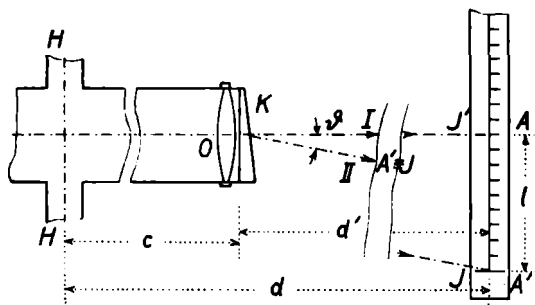
Vzdálenost		Výškový rozdíl $H = \frac{1}{2} D \sin 2\alpha$	Čtení na střední niti s	Rozdíl $H - s$	Výška bodu $V = V_H + H - s$	Poznámka
$d_0 = \frac{c}{k} + c$	vodorovná $D = d_0 \cos^2 \alpha$					
9	10	11	12	13	14	15
175,2	175,2	-0,97	1,87	-2,84	351,20	$V_A = 351,21$
245,4	245,4	+1,57	2,22	-0,65	353,39	$V_R = 353,40$
195,0	195,0	+1,76	3,00	-1,24	352,80	$V_C = 352,79$
73,6	73,6	-0,88	2,37	-3,25	350,79	Stroj: Tacheometr Fričův č.
148,7	148,7	+0,47	1,74	-1,27	352,77	
22,3	22,3	+0,05	2,11	-2,06	351,98	$k = 100$ $c = 0,40$ m
62,7	62,6	-2,40	3,31	-5,71	348,83	
45,5	44,8	-5,47	2,23	-7,70	346,34	

Při měření na běžný tachymetrický bod se odčítá jen jeden vernier u vodorovného kruhu. Má-li stroj dva verniery, je dobře jeden zakrýt, aby nedošlo k omylům.

Zápisník. Tacheometrický zápisník obsahuje část polní a část kancelářskou. Zápisníku se užívá několik druhů a zde uvádíme druh nejjednoduššího zápisníku.

8.2. Dvojbrazový dálkoměr (obr. 106). Hlavní součástí dálkoměrného stroje je klínový hranulek K , který je velikosti objektivu, před kterým se těsně umístí tak, aby kryl jeho dolní polovinu nebo střed. Hlavní zobrazovací paprsek (osový) I se po průchodu klínkem lomí do směru II pod úhlem θ . Při zaměření na vodorovnou lať dalekohledem vy-

zbrojeným optickým klínkem, objeví se v zorném poli dalekohledu dva obrazy lať, jichž stupnice jsou oproti sobě posunuty. Osový paprsek I , který klínkem neprochází, nemění



Obr. 106. Náčrtek dálkoměrného stroje s lať.

směr a dopadá na lať v bodě A . V zorném poli dalekohledu splynou oba paprsky I a II a tak vidíme, že oba obrazy téže lať se překrývají.

Je-li lať opatřena dvojí stupnicí, z nichž jednu nahradíme jen ukazatelem J (obr. 107), posune se obraz ukazatele do



Obr. 107. Náčrtek lať s indexem.

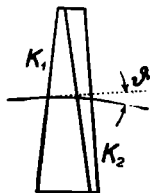
směru hlavního paprsku jdoucího bodem A (obr. 106). Poloha posunutého ukazatele J' udává délku laťového úseku l , který se zřetelem k dálkoměrnému úhlu ϑ dává výraz pro výpočet délky $d' = l \cdot \cotg \vartheta$. Stálý dálkoměrný úhel ϑ závisí na skosení klínku a lámavosti n optického skla. Aby se zamezilo dispersi paprsků, sestavuje se achromatický hranol jako

kombinace dvou klínů z různých druhů skla (obr. 108). Klín K_1 je broušen ze skla korunového a klín K_2 ze skla flintového. Spojení obou klínů musí dávat achromatický klín s paralaktickým úhlem $\vartheta \doteq 34' 23''$, jehož kotangenta se rovná 100. Je to vlastně týž úhel jako u nitkových tacheometrů. Dálkoměrný úhel způsobuje posun ukazatele J po druhé stupnici laťové tak, že 1 cm na laťi přísluší vzdálenost 1 m. Vzdálenost laťe od klínku d' se rovná

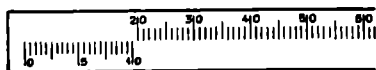
$$d' = 100 \cdot l.$$

Připočtením úseku c mezi klínkem a středem stroje se získá délka d , jež je vzdáleností mezi laťí a středem stroje, takže $d = d' + c$. Aby výpočty byly jednoduché, provádí se další úprava. Poloha ukazatele J na laťi se posune z původní polohy, totožné s nulou laťové stupnice, o hodnotu $\frac{1}{100}c = c'$ dovnitř stupnice. Na laťi pak čteme úsek větší o hodnotu c' a stonásobná hodnota je správnou délkou mezi laťí a středem stroje.

Místo ukazatele se však užívá vernieru (obr. 109). Obě stupnice jsou na laťi tak umístěny, že hlavní měřítko je



Obr. 108. Achromatický hranol dálkoměrný.

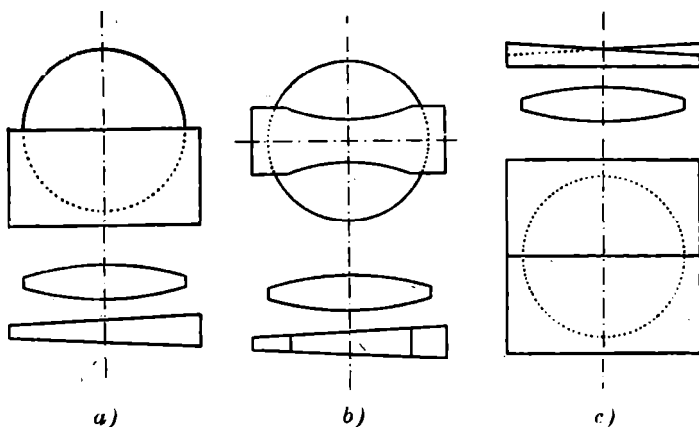


Obr. 109. Nářrtek laťe s vernierem.

v horní a vernier v dolní části laťové plochy. K lepší viditelnosti jsou dílky vyznačeny bílou barvou na černém pozadí a kvůli převracujícím vlastnostem objektivu je vernier umístěn na pravé straně laťe a číslování provedeno od pravé ruky k levé.

Dvojobrazových dálkoměrů je několik druhů, z nichž některé jsou opatřeny klínky zakrývající pouze jednu polovinu

objektivu, jak ukazuje obr. 110a nebo zakryje střední část objektivu, jak představuje obr. 110b, anebo se před objektiv vloží dva klínky, z nichž každý zakrývá polovinu objektivu a lámavé plochy každého z nich jsou opačně umístěny, jak ukazuje obr. 110c. V tomto případě má každý z klínků pouze poloviční účinek čili odchyluje osový paprsek o úhel $\frac{1}{2}\vartheta$.



Obr. 110. Různé druhy optických klínků.

V dalším bude popsán nejjednodušší dvojobrazový dálkoměr Arregerův, který je vyráběn několika geodetickými závody a který skýtá velmi uspokojivé výsledky.

Arregerův dvojobrazový dálkoměr (obr. 111a, b). Hranůlek je vmontován do prstence, který je kloubově spojen s dalším volným prstencem, opatřeným šroubovými závity, jimiž se upevní na zvláště upravenou objímku dalekohledového objektivu. Prstavec s hranůlkem se dá odklopit od objektivu a tím nevaďí při měření vodorovných úhlů. Po přiklopení k objektivu tak, aby hranol byl těsně před objektivem, za-

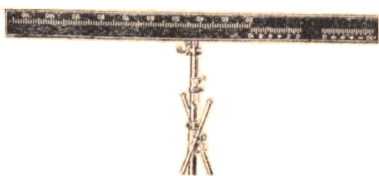
kryje polovinu vstupního otvoru a v této poloze se dají měřit délky. Oba obrazy, vůči sobě pošinuté, jsou stejně jasné.

Dálkoměrná lať (obr. 112). Dálkoměrná lať se staví na jednoduchý stojánek, ve kterém se urovná do vodorovné polohy a kolmo k záměři. Na vrchní části stojánku pod laťí buď



Obr. 111. Arregerův dvojobrazový dálkoměr
a) přiklopený, b) odklopený.

přesně v ose stojánku nebo stranou je umístěn dioptr čili průzor, kterým je možno zaměřiti směrem ke stroji a tak umístit lať kolmo k záměři. Průzor s laťí se otáčí tak dlouho, až se v dioptru objeví obraz objektivu dálkoměrného stroje nebo olovnice. Při pozorování dioptrům se uvolní upevňovací šroub, lať se natočí do žádoucí polohy a znovu se šroub utáhne. Polohu laťe lze pozorovati též od stroje tím, že po zaměření dalekohledem na dioptr, musí být vidět světlý křížek. Postačí, když v dalekohledu svítí svislé rameno křížku. Dělení laťe je provedeno na pásce z invaru, která je stejnoměrně napínána párem. U nulového bodu, který není na stupnici vyznačen, začíná 20dílný vernier, posunut o součtovou konstantu c' . Lať má dva vernieri. Hlavní měřítko stupnice



Obr. 112. Dálkoměrná lať.

je děleno po centimetrech a počáteční dílky od 0 do 20 jsou vynechány pro umístění obou vernierů. Skutečná délka dílků není přesně centimetrová, neboť velikost dílků závisí též na skosení hranůlek a přesnosti, s jakou se podařilo vybrousiti dálkoměrný úhel ϑ . Odchylka násobné konstanty od 100 se odstraní tím, že se mírně změní velikost centimetrového dílku. Podle vernieru se čte na lati s přesností od 1 do 3 cm. Prvního vernieru se užije k čtení do 100 metrů a druhého u délek přes 100 metrů. Proto má druhý vernier u nulového dílku udání $+30$, což znamená, že se k čtené vzdálenosti musí připočísti 30 m. Prvého vernieru se užije též k měření délek do 20 m a to podle pomocné značky, umístěné za posledním dílkem prvního vernieru, označené buď krátkou čárkou nebo značkou písmene *T*. Příslušná čtení podle této značky se musí zmenšit o 20 m. Při čtení je nutno dáti pozor, který dílek vernieru se kryje s dílkem hlavního měřítka a v případě, kdy se dílky nekryjí, stanoví se poloha ideálního dílku, který by se kryl se středem centimetrového dílku laťového. Od hodnoty vernierového dílku se nato odečte 0,50. K čtení délek kratších než 20 m se užívá často pomocného měřítka, které se zavěsí na vyznačeném místě do háčků na lať a podle něho se čte. Kde nejsou územní překážky, změří se délky do 20 m pásmem přímo.

Před měřením se objímka s klínkem natočí na objektivovou objímku dalekohledu, opatřenou závitky tak, aby rovina hlavního řezu hranolu procházela vodorovnou hranou latě. Není-li tomu tak, objeví se mezi obrazy obou stupnic spára nebo překryt a tím je ztíženo čtení. Správný dotyk obrazů obou stupnic se docílí pootočením objímky s hranolem čili dalším našroubováním nebo povolením na objektivové objímce dalekohledu.

Arregerova optického klínku užívají a své úhloměrné stroje k našroubování dálkoměru upravují různé geodetické závody jako: Frič, Srb a Štys, Hildebrand, Zeiss, Kern, Wild a jiní.

Jednohý stojan k upevnění latě při měření se staví svisle

a přímo na zaměřovaný bod. Podpírá se dvěma vzpěrami, aby poloha latě ve vodorovné poloze byla zajištěna. Stojan slouží přímo za výtyčku k měření vodorovných úhlů. Při měření vodorovných úhlů je hranol odklopen, při měření vzdálenosti a výškového úhlu se hranol přiklopí k objektivu. Nato se čte vzdálenost a výškový úhel.

Lať se dá upravit do různé výšky na stojanu, který je opatřen centimetrovým dělením a poloha latě na stojanu se dá odečísti. Dá se proto užít dálkoměrné soupravy i k výškovému měření. Lať se upevňuje na stojanu ve výši rovné výšce stroje nad stanoviskem a není-li to možno, musí se poloha latě na stojanu odčítati. V neoznačených bodech území, kde by hrot stojanu zapadl hluboko do země a tím by trpěla přesnost v určení výšky bodu, užije se rovné podkladné destičky.

Dálkoměrného hranolu se dá užítí u všech theodolitů, jichž objektivový prstenec je opatřen závitem k upevnění optického hranolu. K výzbroji patří dálkoměrné zařízení s hranolem, dvě invarové dálkoměrné latě, dva stojany se stojanovou hlavicí a dva dioptry.

Obr. 113 ukazuje způsob odčítání na lati. Čtení je 41,35 m. Odčítá se stejně jako na každém měřítku podle vernieru.



Obr. 113. Čtení na lati: 41,35 m.

Odečtená vzdálenost je šikmá délka d' . Na vodorovnou se převede podle vzorce $d = d' \cdot \cos \alpha$. Výškový rozdíl je dán výrazem $H = d' \cdot \sin \alpha$. Též lze užít rozdílu mezi šikmou a vodorovnou délkou

$$\Delta d = d' (1 - \cos \alpha) = d' \cdot 2 \sin^2 \frac{1}{2} \alpha,$$

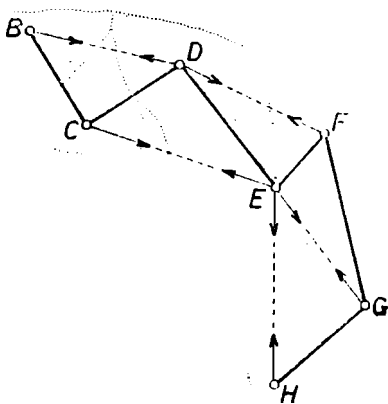
takže

$$d = d' - \Delta d.$$

K výpočtu lze užít redukčních tabulek nebo pravítka.

Dvojobrazový dálkoměr není tak výkonný jako nitkový tacheometr a proto se nenazývá tacheometrem. Poskytuje však výsledky mnohem přesnější.

8.3.3 Polní práce. Tacheometrické měření se koná za účelem sestrojení vrstevnicového plánu určité části území. Někdy se



Obr. 114. Trojúhelníkové spojení tacheometrických stanovisek.

vystačí s jediným stanovištěm, jindy je třeba mnoha stanovisek. Jde-li o úzký pruh území, pro nějž má být vypracován návrh nějaké zemní stavby, zvolí se polygonový pořad, jehož body slouží za stanoviště tacheometrického stroje. Zaměřuje-li se pruh území kolem nějakého vodního toku, volí se za stanoviště body ležící po obou stranách toku a úhlově se spojí v trojúhelníky, aby byla získána pevná kostra a kontrola měření (obr. 114). Je-li po ruce již plán obsahující měření konané ve smyslu vodorovném, pak stačí polní práce omezit jen na výškové měření, při čemž se délkově a výškově zaměří jen ty body, které nejsou na plánu zobrazeny a jsou význačné

pro vystižení správného tvaru území. V mnohých případech se polní měření omezuje jen na zobrazení cest, vodních toků, jichž hranice se zaměří polohově i výškově a v nejbližším okolí zamýšlené stavby se zaměří jen body, v nichž se tvar území mění. Při rozsáhlejších měření se užije katastrální mapy, na níž je zobrazení bodů dáno ve smyslu vodorovném a mapa se doplní výškovým měřením.

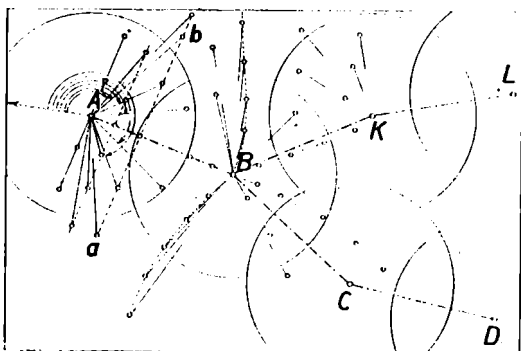
Podle rozsahu se rozvrhnou polní práce. Při měření se vyjde vždy od dobře založené a zaměřené polygonové sítě. Tam, kde není polygonová síť vybudována, založí se polygonový pořad nebo síť v potřebném rozsahu a připojí se na trigonometrické body nebo na body určené protínáním, případně na jiné body určené v souřadnicích. Není-li takových bodů, připojí se polygonové pořady na pevné body, zobrazené v katastrální mapě a vzhledem k nim se polygonové pořady propočtou a zobrazí na mapě.

Délky polygonových stran se měří pásmem nebo opticky a úhly se měří v jedné skupině. Výškově se polygonová síť připojí na bod přesné nivelace a geometrickou nivelací ze středu se stanoví výšky všech bodů polygonových. Není-li v okolí bodů přesné nivelace, zvolí se jeden vhodný bod za základní a to zpravidla ten, který má nejnižší výšku. Jeho výška se zvolí rovna 0 nebo 100 m a pod. Tak se obdrží prostorová kostra pro tacheometrické měření.

Při volbě stanovisek se dbá toho, aby body vévodily svému okolí a bylo s nich možno zaměřit všechny význačné body v území. Nejvýhodnější stanoviška jsou na vyvýšených místech v okolí cest a mezí, odkud je volný rozhled dokola. Nevystačí-li se s polygonovými body, zvolí se během měření další tacheometrická stanoviška, jež se na dobu měření vyznačí silnějšími kolíky. Kolíky se zarazí do země tak, aby nepatrně vyčnívaly ze země. Každý polygonový bod a tacheometrické stanoviško se označí římskými číslicemi nebo písmeny velké abecedy pokud body nebyly již očíslovány. Číslo kolíku se píše buď na pomocný kolík, nakloněný směrem k dalšímu kolíku, nebo se číslo napíše na vlastní kolík stanoviška, jehož horní část se k tomu účelu seřízne.

Po vybudování polygonového pořadu nebo sítě se počne s vlastním měřením. Úhломěrný stroj se postaví na stanoviško, dostředí se a

uovná. Hned se změří výška stroje v a zapíše do zápisníku. Na sousední polygonové body se postaví výtččky a změří se vodorovné úhly v obou polohách dalekohledu, aby byla získána kontrola měření (obr. 115). Při tom se jeden z polygonových bodů zvolí za počáteční směr úhlového měření. Nato pomocník staví lať postupně na jednotlivé



Obr. 115. Polygonová síť jako podklad tachymetrického měření.

vé body omezníkované i na body neomezníkované, v nichž se tvar území mění. Vodorovné úhly se měří jen v I. poloze dalekohledu. Po odečtení laťe podle nítí, přečte se výškový úhel a nato vodorovný úhel. Všechny údaje se hned zapíší do zápisníku. Při měření se kreslí polní náčrt, do něhož v určitém měřítku zmenšení se podle úhloměru a odečtené vzdálenosti zakresluje poloha každého zaměřeného bodu. Každý bod se označuje číslem a číslo bodu v náčrtu musí souhlasit s číslem bodu v zápisníku měřených úhlů a délek. Číslování počíná jedničkou a končí tisícovkou, nato se číslování opakuje u vzdálenějších stanovisek, aby nenastal omyl. Za polní náčrt se znamenitě hodí upravený otisk katastrální mapy, nalepený na tyrdé lepence. Na takovém polním náčrtu se poloha nově zaměřovaných bodů snadno odhaduje vzhledem k zobrazeným bodům na otisku mapy. Na polním náčrtu se vyznačují jednak hranice pozemků a různých předmětů měření, jednak se k vystižení správného tvaru území může vyznačítí průběh vrstevnic nebo se spád území zobrazí šrafami.

K správnému vystižení tvaru území se určuje poloha všech význačných bodů na kosterních čarách a v jejich sousedství, zvláště ve

směrech k nim kolmých. Proto se volí polygonové nebo tacheometrické pořady, pokud možno, ve směru kosterních čar. Kosterními čarami jsou údolnice, hřbetnice, hrany a význačnější spádovnice čili spádové čáry. Jmenovaní čáry rozdělují topografickou plochu na význačné díly a tvoří zobrazovací kostru. Spádové čáry jsou kolmé k vrstevnicím. Vrstevnice jsou místopisně uzavřené křivky, jež vzniknou jako průsečnice vodorovných rovin nebo kulových ploch se zemským povrchem. Spojují body téže nadmořské výšky.

V mapách se vyznačují jen ty vrstevnice, jichž výšky jsou dělitelné vrstevní výškou, kterou zpravidla volíme. K podrobnému vystižení tvaru územního, zvláště rovinatého, je třeba volit další vrstevnice v mezích vrstevnicové výšky, jež se vyznačí jen v potřebné délce. Tyto se jmenují vodorovnými čili horizontálními čarami.

Při měření se území rozdělí v řadu příčných profilů, zhruba kolmých k polygonovým stranám, v místech, kde se území výškově mění. U příčného profilu se zaměří každý bod význačný pro vystižení povrchové čáry. Doporučuje se proto spojovati na polním náčrtu čárkovaně jen ty zaměřené body, jichž spojnice se v přírodě dotýkají v celé své délce zemského povrchu a mezi nimiž se po zobrazení na plánu smí provésti interpolace vrstevnic. Nesmí se spojovati body, jichž spojnice jdou buď nad povrchem nebo zase protínají zemský povrch.

Kreslič polního náčrtu zavádí jednoho nebo dva pomocníky s latěmi na zaměřované body a hlásí každý pátý nebo desátý bod, aby byl získán souhlas v číselování bodů v polním náčrtu se zápisníkem úhlů a délek.

Počet zaměřovaných bodů je závislý na měřítku mapy nebo plánu a na nopravidelnosti území. Pro mapy menších měřítek se vystačí s menším počtem, kdežto pro mapy velkých měřítek je nutno zaměřiti na téže ploše velký počet bodů, aby vyšetřované vrstevnice mohly být sestrojeny s přesností úměrnou měřítku mapy. Množství bodů se volí takové, aby povrch území, obsažený mezi zaměřenými body, mohl být považován za část šikmé roviny, v níž průklad čili interpolace vrstevnic lze provésti lineárně.

Po zaměření všech význačných bodů kolem stanoviště se přenesl tacheometr na další stanoviště a děj se opakuje. Poněvadž polygonové strany mohou být 200 i 300 m dlouhé, zaměří se kolem stanoviště body asi do polovice délky polygonové strany. Další body se zaměří s druhého stanoviště. Přitom se dbá povahy území a okolností s kterého stanoviště se dá lépe měřit.

Podrobný postup polních prací pro různé účely je uveden v příručkách praktické geometrie, geodesie a topografie.

8.4. Zobrazování výsledků měření a sestrojování vrstevnic. Po vypočtení všech vodorovných délek a výšek bodů v tacheometrickém zápisníku, zakreslí se výsledky měření buď do otisku katastrální mapy nebo se vyhotoví samostatný plán.

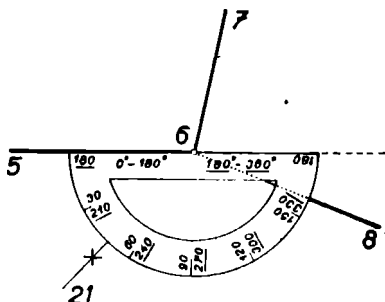
Užije-li se k zobrazování otisku katastrální mapy, zakreslí se v ní nejdříve polohy všech stanovisek úhloměrného stroje. U map vyhotovených methodou měřického stolu se zákres provede podle místopisů, v nichž jsou stanoviska zaměřena vzhledem k pevným bodům na katastrální mapě. U map vyhotovených některou z číselných method se poloha stanoviska zakreslí podle souřadnic. Souřadnice musí být vypočteny v soustavě, v níž je vyhotovena katastrální mapa. Při zakreslování je nutno dbát srážky mapových listů katastrální mapy.

Vyhotovuje-li se samostatný plán jen podle výsledků polního měření, lze užítí k sestrojení různých způsobů. Buď se transportérem čili úhloměrem vynáší úhly a odměřují se délky podle pravítka nebo kružítka, nebo se zobrazování úhlů děje podle tangent vyjmutých z tabulek pro poloměr zvolené jednotky nebo se užije pravoúhlých souřadnic, vypočtených v určité soustavě zobrazovací dané nebo zvolené.

Zobrazování se koná na pevném a tuhém kreslicím papíru, který je často pro tyto případy podlepen plátnem. Po zobrazení všech polygonových bodů a doplňujících stanovisek tacheometrických se přikročí k zobrazování podrobného měření. Úhly se zobrazují podle papírového nebo celuloidového, případně podle kovového transportéru čili úhloměru (obr. 116). Úhloměr je půlkruh, opatřený na obvodu dělením na třetinu stupně a pod. Levosměrné číslování stupňů je provedeno černě od 0° do 180° a od 180° do 360° červeně tak, že černá 0° a červená 180° se ztotožňují. Nalevo i napravo od středu průměru je vyznačeno délkové měřítko, ve kterém plán sestrojujeme. Kovový úhloměr je opatřen často pohyblivým ramenem s vernierem, podle kterého lze odečísti úhly s přesností 1 minuty. Na rameni je délkové měřítko k odmě-

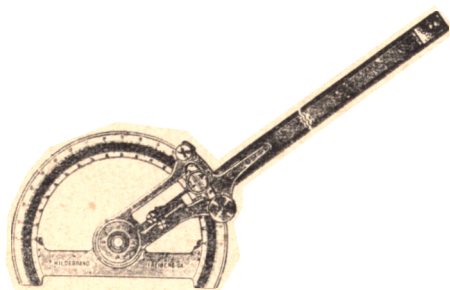
řování vzdáleností (obr. 117). Prodloužená hrana ramene musí procházet středem úhloměru.

Úhloměr se přiloží k nulovému směru, který byl při měření úhlů na stanovisku zvolen. Polygonové strany se prodlouží



Obr. 116. Přiložení úhloměru k zobrazeným směrům.

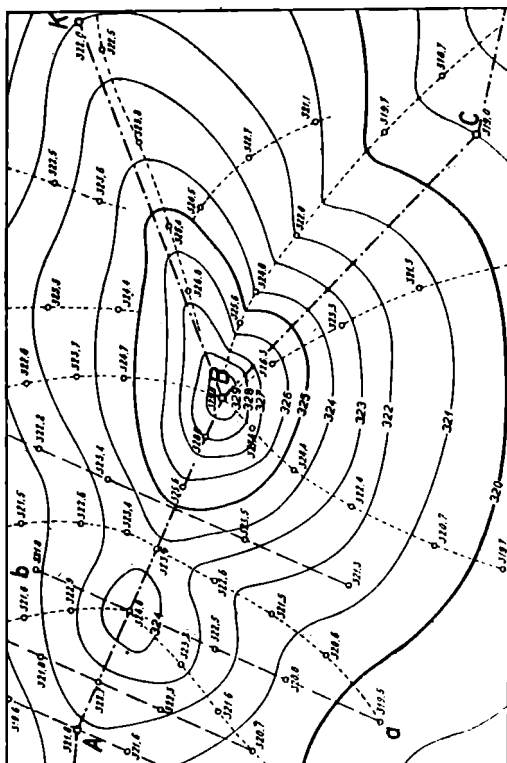
na opačné strany, aby poloha úhloměru mohla být kontrolována, zda byl správně přiložen podle údajů měřených úhlů mezi polygonovými stranami. Nato se vyznačí na plánu tužkou směry na podrobné body, v jichž prodloužení se odměří vodorovné vzdálenosti. Délkové i úhlové údaje čteme v zá-



Obr. 117. Hildebrandtův kovový úhloměr s pohyblivým ramenem.

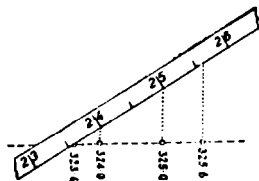
písku. U každého zobrazeného podrobného bodu přepíšeme hnědou barvou výškové údaje, zaokrouhlené na decimetry. Po zobrazení všech bodů se spojí hranice pozemků, cest, vodních toků, stavení a podl. podle polního náčrtu.

Výškové údaje u bodů na plánu udávají prostorovou po-



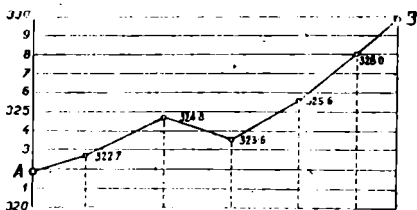
Obr. 118. Vrstevnicový plán.

lohu, avšak takový plán je nepřehledný. Přehlednost v prostorové poloze se získá sestrojením vrstevnic. K vyšetření jejich polohy užijeme sklopených profilů (obr. 118). Uvažujme část podélného profilu mezi body *A* a *B* a to mezi body o výšce 323,6 a 325,6. Tato spojnice se v přírodě dotýká zemského povrchu v celé délce a lze na ni vyšetřiti body, jejichž výšky jsou 324 m a 325 m (obr. 119). K bodu 323,6 se přiloží měřítko, třeba papírové s milimetrovým dělením tak, aby jeho údaj 23,6 se ztotožnil s bodem 323,6. Směr měřítka volíme tak, aby spojnice údaje 25,6 na měřítku s bodem 325,6 protínala spojnici 323,6 — 325,6 pokud možno kolmo. Vedeme-li rovnoběžky ke spojnici 25,6 — 325,6



Obr. 119. Příklad vrstevnic.

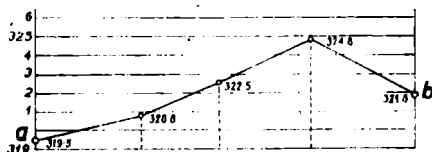
body 24 a 25 na měřítku, protnou profil 323,6 — 325,6 v bodech, odpovídajících celým metřům vyšetřovaných vrstevnic a to: 324 a 325. Podobně se provádí průklad vrstevnic ve všech profilech. Jiné a obdobné řešení vrstevnic podává podélný profil *AB* v obr. 120 a příčný profil *ab* v obr. 121.



Obr. 120. Příklad vrstevnic v podélném profilu *AB*.

Při kreslení vrstevnic se musí dbát též zákresu na polním náčrtu, který obsahuje kosterní čáry, důležité pro správné

vystižení územního tvaru a spojnice bodů, mezi nimiž se provede interpolace. Interpolaci neprovádíme mezi body, které nejsou na polním náčrtu spojeny.



Obr. 121. Příklad vrstevnic v příčném profilu *ab*.

Ve vrstevnicovém plánu se dají řešit různé úlohy trasovací a výsledky vyznačeného návrhu opět odměřiti v území a tam vytyčiti.