

**ANTONÍN TICHÝ - GEODET KONSTRUKTÉR \*)**

(U příležitosti výročí konstrukce logaritmických tachymetrů)

Doc. ing. Pavel Hánek, CSc.

katedra speciální geodézie FSv ČVUT v Praze

\*) *Upravený text přednášky, přednesené na XII. symposiu z dějin geodézie a kartografie v prosinci 1991 v Národním technickém muzeu v Praze*

Letopočty 1881-1912 vymezil Antonín Tichý období, v němž se aktivně věnoval teoretickým a konstruktérským pracem na svém nejvýznamnějším díle, pozoruhodné a originální logaritmicko -tachymetrické metodě. Značné časové rozpětí svědčí o neutuchající snaze "povznést tuto co nejvýše až ku skutečně dosažitelnému stupni přesnosti". Reagoval tak na prudký rozvoj stavební geodézie, vyvolaný průmyslovou revolucí 19. století, předjímající úkoly dnešní inženýrské geodézie. Její význam si plně uvědomoval: "Jedním z nejvydatnějších pramenů zdražování novostavby, jakož i pozdějšího udržování a provozu, ... jest stavebně-technická vyměřovací praxe, ... poněvadž ona často způsobila velmi nákladné omyly při sdělávání projektů" [17].



Antonín Tichý se narodil 19.7.1843 v moravském Tlumačově u Uherského Hradiště. (Portrét z roku 1900 a některé údaje převzaty z [22]). Po studiích na gymnáziu v Kroměříži zvolil povolání svého otce a v roce 1863 absolvoval prestižní Moravskoslezskou lesnickou školu v Úsově, na níž se nutně seznámil se zeměměřičtím. Záhy nastoupil do armády a jako ženista se účastnil prusko-rakouské války v roce 1866. Na vlastní žádost byl v hodnosti nadporučíka jezdeckva uvolněn v roce 1871 z aktivní služby. Vrátil se k lesní správě, přičemž se široce zabýval geodézií, jíž věnoval i osobní zájem. Roku 1874 vídeňský výrobce Gustav Starke podle jeho návrhu

upravil universální teodolit (reversní libela, okulárový mikrometr), s nímž o tři roky později trianguloval v okolí Bad Ischl. Roku 1876 vynalezl logaritmické dělení dálkoměrné latě se šachovnicovou stupnicí, kterou bylo možno užívat ve spojení s tachymetry Reichenbachova typu s pevnými nitěmi ( $k = 100$ ). V následujícím roce navrhl novou konstrukci tachymetru [1], od roku 1878 vyráběnou podle patentu Tichý - Starke v závodě partnera [3]. O dva roky později následovalo na stejném principu konstruované záměrné tachymetrické pravítko s měřickým stolem [4], které se uplatnilo ve VZÚ Vídeň. (Určité úpravy pro použití v katastru a hodnocení uvádí [24]). Vynález a patent logaritmického dálkoměru je datován rokem 1881, do roku 1890 přísluší vynášecí přístroj [9;10]. (Podle sdělení Federálního úřadu pro vynálezy v Praze měly až do roku 1899 patenty v bývalé monarchii charakter císařských privilegií, teprve po tomto datu byly řazeny a číslovány.)

Encyklopedický slovník [27] uvádí jako jeho nejvýznamnější spisy, zaměřené na lesnictví, práce [6; 11] a zejména [8], v níž formuloval svých uznávaných 17 zásad lesníka, založených na respektování přírodních zákonů.

Roku 1887 již potřetí opouští zajištěné postavení, tentokrát ve funkci centrálního lesního ředitele.

Jednou z prvních prací na novém působišti - ředitelství rakouských státních drah - bylo vytyčení železničního viaduktu u Červené na trati Tábor - Ražice, který je dnes významnou technickou památkou. Svou tachymetrickou metodou zaměřil exponovaný územní pruh pro výstavbu vídeňské městské dráhy, vytyčoval řadu mostů a zejména tunelů na stavbách alpských drah [18] a pořizoval podklady pro většinou neuskutečněné projekty v Jižním Tyrolsku (dnes Itálie). Pro tyto účely konstruoval speciální pomůcky a originálně upravil tzv. kosočtverečnou metodu pro měření základů v sítích [15].

Práce však zapadla, možná i pro nepříznivá hodnocení ověřovacích zkoušek, prováděných VZÚ Vídeň. Metodu prostorového zaměření bodů polygonových sítí publikoval v [20]. Další zkušenosti z této oblasti shrnul v [2; 21]. I nadále však přetrvával jeho zájem o původní profesi ([11; 19]), v níž též byl uznávaným odborníkem. Roku 1897 podnikl soukromou studijní cestu do Švédska a Norska, zaměřenou k lesnímu hospodářství, z níž rezultoval spis [12].

V tzv. Studienbureau (předchůdci výzkumných ústavů) rakouských železnic byla našemu krajanovi, který byl roku 1910 jmenován vrchním inspektorem, svěřena oblast geodetických prací [23]. (Podklady neuvádí rok nabytí stavovského inženýrského titulu, který mu většinou přiznává až novější literatura, např. [28]. Patrně se tak stalo na podkladě císařského nařízení č. 130/1917 ř.z.)

V roce 1916 byl členem redakční rady časopisu a členem výboru zeměměřické skupiny Rakouského spolku inženýrů a architektů. V uznání zásluh byl zvolen na dvouleté období předsedou, pro určité rozpory ale téhož roku z funkce odstoupil; roku 1918 byl do výboru znovu navržen. (Předchůdcem a zástupcem byl profesor E. Doležal, nástupcem profesor Th. Dokulil. Bližší viz Z.d.O.I.u.A.V., 1916, s. 286; 1917, s. 172 -173; 1918, s. 562.) Řada jeho článků je přepisem přednášek. Na stránkách zmíněného časopisu je možno nalézt i další jeho příspěvky, resp. citace, zaměřené na spolkovou činnost, nebo polemizující s jinými autory (např. o reversní libele 1894, o přesnosti čtení na stupnicích 1898, o tachymetrii 1901, o protínání vpřed 1917), které jsem nezahrnul do (doufám že reprezentativního) seznamu literatury. (Pozn.: práce s úplnou citací jsou ve fondech pražských knihoven.)

Ing. Anton Tichý odešel do důchodu v roce 1919 s titulem vládního rady. Soumrak jeho života nebyl příliš šťastný. Byl vdovcem, přežil své děti, musel prodat rodinný dům v Unter Tullnerbachu u Vídně, kde po řadu let žil. ("Starý a poněkud již churavý pán jest odkázán na pomoc cizí, právě v době nejtísnivějších poměrů poválečných" - [22]; shoda příjmení s profesorem Aloisem Tichým je náhodná.) Zemřel 28. 10. 1923 po operaci na klinice ve Štýrském Hradci [25]. Do rodinného hrobu, který byl zrušen během 2. světové války [30], byl uložen 4. 11. téhož roku [26].

Povšimněme si nyní krátce tachymetrických metod ing. A.Tichého, jehož 150. výročí narození vzpomeneme v roce 1993. Patří do celé řady technologií a konstrukcí, reagujících na prudce vzrůstající požadavky přesnosti, spolehlivosti a rychlosti technické projekční a stavební praxe.

První konstrukcí je nesamočinný redukční tachymetr se svislou latí s metrickým dělením. Teoretické odvození, popis, hodnocení i zobrazení jsou uvedeny v dosud běžně dostupné učebnici [28] nebo v soudobé příručce [13]. Ta též oceňuje spolupráci A. Tichého s G. Starkem při návrhu přístroje a s prof. A. Schellem při elegantním matematickém zpracování. Omezím se proto jen na základní informace.

V daném případě byl konstruován okulárový mikrometr se zářezovou stupnicí v levé části zorného pole s jednou pevnou a jednou pohyblivou vodorovnou nití. Poloha pevného vlákna odpovídá základnímu zubu stupnice, druhé se pohybuje v závislosti na otáčkách bubínku (s dělením na setiny) až do celkové vzdálenosti 5 otoček, z nichž každé přesně odpovídá jeden zub stupnice. Laťové úseky  $l_d$  nebo  $l_h$  jsou čteny oběma vodorovnými nitěmi okulárového mikrometru za určitých podmínek. Mikrometr nemá obdobu střední nitě tachymetru s konstantním dálkoměrným úhlem. Svislé úhly jsou vztahovány k poloze pevného vlákna. Optická soustava dalekohledu a chod šroubu mikrometru jsou počítány tak, že platí  $k = 100$ .

Velikost čtení  $n$ ,  $m$ , která je nutno postupně nastavit na stupnici mikrometru, lze vyhledat v tabulkách [4; 5]. Pro praktické použití jsou stupnice funkcí  $n$ ,  $m$  vyneseny vlevo a vpravo na svislém kruhu přístroje v kroku 0.01 symetricky na obě strany (nahoru a dolů) od základní polohy ( $n = 5.00$ ,  $m = 0.00$ ), odpovídající vodorovné záměře. Rozsah postačuje pro výškové a hloubkové úhly do zhruba 45. Pomocí výškových indexů se čtou tisíce funkční hodnoty, což koresponduje s možností nastavení na mikrometru. Pohyblivé vlákno zaujme obecnou polohu v centimetrovém dělení lať. Pro hrubší práce stačí pro triviální výpočet (1) odhadnout milimetry. Pro přesné práce se pohyblivé vlákno postupně koenciduje mikrometrem s nejbližší vyšším a nižším decimetrovým dílkem. Tomu odpovídají čtení bubínku  $q$ ,  $p$ . Hodnota  $x$  vypočtená na 0.1 mm podle speciálních vzorců se připočte k základnímu čtení  $l_d$  nebo  $l_h$ , danému číslováním nižšího decimetru stupnice. Výhodou je nastavení pevného vlákna na celý metr nebo decimetr.

K přístrojům, vyrobeným firmou Starke & Kammerer, patří třímetrová pevná lať s bílými klínky na černém pozadí. Stupnice byla vyhotovena na rýsovacím papíře litograficky a byla speciálně impregnována.

Je-li okulárový mikrometr nastaven přesně na čtení  $n = 5.000$ , mění se přístroj v nitkový dálkoměr s konstantním dálkoměrným úhlem s tím, že je nutno zavést opravu z odlišného měření svislých úhlů.

V době vzniku byla výhodnější logaritmická forma :

$$\log d_0 = \log (100 \cdot l) + A$$

$$\log h = \log (100 \cdot l) + B .$$

Členy  $A$ ,  $B$  jsou funkcemi zenitového úhlu a byly obsaženy v tabulkách [7]. K výpočtu postačovaly tehdy nezbytné logaritmické tabulky.

Od uvedených rovnic je snadný přechod k další konstrukci A. Tichého, k tzv. logaritmickému tachymetru, který je založen na stejném principu. Podstatnou změnou je, že lať nese dělení v dekadických logaritmech šikmé vzdálenosti a pevnou nit' je nutno nastavit na základní značku stupnice. U soupravy z roku 1882 byla tato značka umístěna u horního konce asi 3 m dlouhé lať, opět s klínovým dělením stupnice. Jednotlivé značky jsou od počátku (základní značky) vzdáleny tak, aby odpovídaly charakteristice a prvním dvěma místům mantisy logaritmu měřené vzdálenosti v intervalu 0.01.

Lze odvodit, že zdánlivá velikost úseku lať mezi dvěma sousedními značkami je konstantní; totéž platí pro rozměr značek stupnice. To je oproti dálkoměrům s metrickou stupnicí výhodou. Obě nitě mikrometru jsou maximálně vzdáleny, tj. o 5 plných otáček. Pohyblivá nit' se koenciduje na nejbližší nižší značku stupnice bubínkem, na jehož logaritmickém segmentu, děleném na 10 dílů, se odhadem pomocí ryskového indexu čtou setiny, tj. 3. a 4. místo mantisy logaritmu šikmé

vzdálenosti. Redukce na vodorovnou a výpočet převýšení se provede početně. Svislé úhly jsou čteny obvyklým způsobem na svislém kruhu, ovšem opět jsou vztaženy k pevnému vláknku.



Konstruktér svůj tachymetr průběžně upravoval. Obrázek (foto autor) představuje model, nezobrazený v žádné z citovaných prací. Závěrečná úprava, kterou nazval "definitivně ustálená logaritmicko-tachymetrická metoda" a popsal v [16] a ve zkrácení v [17], v učebnici [28] uvedena není.

Významnou změnou je dvousměrná logaritmická stupnice svislé latě délky 3.03 m se společným počátkem ve výši 1.65 m, postačující pro vzdálenosti do cca 204 m. V levé části je vynesena lineární stupnice v intervalu 6 mm čárkami síly 0.4 mm, určená pro speciální postup geometrické nivelace.

Výrazně byl změněn přesně vypracovaný okulárový mikrometr, umožňující určit mantisu logaritmu vzdálenosti na 5 až 6 míst. Nese trojici pevných symetrických vláken v odstupu 0.3 mm, dále dvojici pohyblivých vláken, rovnoběžných se středním ve vzdálenosti 10/3 mm při čtení  $n = 5$  a pevné svislé vláknko. Bubínek je dělen nelineárně, od nulové značky symetricky na obě strany po  $+ - 50$ . Uvnitř dílku se čte lineárně. Násobná konstanta je  $k = 2 \times 75$ . Po zacílení na lať a nastavení střední nitě na nulovou značku se postupně koenciduje horní a dolní vnější pohyblivá niť na nižší čtení příslušné poloviny stupnice. Logaritmus délky se skládá ze základního čtení latě (stejného v obou polovinách), uvádějícího charakteristiku a 2 místa mantisy, k němuž se připojí další 3 místa vzniklá součtem obou čtení bubínku při koencidenci. (Koencidence horní - dolní se prováděla až 11x, průměr zaručoval určení 6. cifry). Od výsledku se odečítal logaritmus redukce na vodorovnou vyjmutý z tabulek ve vybavení přístroje a připojovala se přístrojová korekce, stanovená na základě empirických zkoušek v jednotkách 4. - 6. místa mantisy. Pro opravu z nadmořské výšky (0 až 3000 m) byly sestaveny tabulky [14]. Byl však zpracován i postup měření délek pomocí lineární stupnice pro nivelaci, obcházející nevýhodu násobné konstanty  $k = 75$ .

Výpočet převýšení je v zásadě stejný jako u dřívějších úprav, tj. trigonometricky ze vzdálenosti a svislého úhlu. Pro přesné práce však byla tachymetrem prováděna i geometrická nivelace. Na lineární stupnici latě (délky 6 mm byly značeny jako 1 mm) se čtou při urovnané reversní libele dalekohledu citlivosti 4-5" postupně v obou polohách všechny 3 pevné vodorovné nitě. Po početní kontrole správnosti (úseky musí být konstantní) součet všech 6-ti hodnot dává výsledné laťové čtení s přesností 0.1 mm.

Soupravu pro tuto definitivní versi vyrobila v roce 1912 firma R. & A. Rost ve Vídni. Fotografie přístroje byly publikovány např. v [16] a [17]. V podstatě se jedná o vysoce přesný universální teodolit s výše uvedenými úpravami. Zakryté kovové kruhy (průměr vodorovného 18 cm, svislého 13 cm) byly děleny sexacentesimálně a čteny mikroskopy až na 0.001 (tj. 3.6"). Citlivost sázecí libely je 10", indexové 5", vždy pro pařížskou čárku. Svislý kruh byl přesazovací, zvětšení dalekohledu až 36x. Výška přístroje nad bodem byla určována speciálním zařízením s přesností lepší 1 mm.

Konstrukci celku i všech detailů byla věnována úzkostlivá péče. Jako příklad uveďme, že zdánlivá šířka bílých rysek logaritmické stupnice latě byla počítána tak,

aby po nastavení vodorovného vlákna po jeho okrajích vznikaly kontrastní kontrolní obdélníčky. A. Tichý studoval několik druhů pavouků, jejichž vlákna byla ve výrobě záměrných křížů užívána, a stanovil průměrnou sílu vlákna hodnotou 1.5-1.9 u, čemuž odpovídá skutečná šířka rysky 4-5 % intervalu dělení. Rozpětí skutečných šířek je 0.071 - 4.310 mm. Poloha byla vypočtena na 0.001 mm a pro vyrýsování (opět na papír, s ručně vybarvenými černými plochami, dodatečně vlepený na líc latě) byl konstruován dělicí stroj. Pevné latě byly vyrobeny z různých dřev tak, že koeficient tepelné roztažnosti činí  $\alpha = 8.9 \times 10^{-6}$ ; roztažnost v důsledku změn vlhkosti nebyla měřitelná. Byly opatřeny průzorem pro zacílení na stroj, krabicovou libelou a opěrkami. Pro ochranu tupnic byla lať sklopná kolem podélné osy [16]. Další četné podmínky a detaily řešení uvádí citovaná literatura. Autor dokonce publikoval [1] návrh konstrukce přístroje, na jehož vodorovném kruhu by se přímo četly souřadnicové rozdíly x, y měřeného polygonového pořadu.

Postupy ing. A. Tichého se příliš neujaly. Paradoxem zůstává, že příčinou byla pravděpodobně snaha o co nejvyšší přesnost, originálnost a universálnost technologie a o dokonalost přístrojů, přinášející určitou náročnost a komplikovanost obsluhy, mechanickou citlivost pomůcek a to, že "práce v poli postupuje trochu zvolna" - [28]. Praxe zvolila metody jednodušší a rychlejší, i když méně přesné, nebo řešení založená na jiných principech.

Roku 1890 konstruovala firma Ott logaritmický dálkoměr s optickým mikrometrem. Na témže principu byl založen přístroj Lota závodů Zeiss Jena s dosahem až 600 m a přesností 0.04 m, vyráběný v 50. letech [29]. Ani tyto typy však nebyly obchodně úspěšné.

Závěrem několik slov o přesnosti definitivně ustálené logaritmicko-tachymetrické metody. Ze vzorů zápisníků a dalších údajů v různých publikacích platí pro obousměrné měření délek relativní přesnost 1:4500 - 1:9000 (0.02 - 0.01 m na 100 m) závislá na sklonu záměry. Kilometrová chyba nivelace se pohybuje v rozmezí 5-16 mm podle počtu stanovisek (5-12) a případně podle sklonu záměr (3 - 15 ‰). Střední chyba měření vodorovných a svislých úhlů bývá uvažována v rozpětí 5" - 15".

### **CHRONOLOGICKÝ SEZNAM LITERATURY**

- [1] Tichý, A.: Das neue Tachymeter nach Patent von Tichý & Starke, Wochenschrift des Österr. Ingenieur - und Architekten - Vereins, III, (1878), č. 44, s. 191-193; pokr.č. 45, s. 209-210.
- [2] Tichý, A.: Logarithmisch-trigonometrische Tafeln in graphischer Manier, Wien 1878.
- [3] Schell, A.: Die Tachymetrie mit besonderer Berücksichtigung des Tachymeters von Tichý & Starke, L. W. Seidel & Sohn, Wien 1880.
- [4] Schell, A.: Die Terrain-Aufnahme mit der tachymetrischen Kippregel von Tichý & Starke, Wien 1881.
- [5] Schell, A.: Die Methoden der Tachymetrie bei Anwendung eines Ocular - Filar - Schrauben - Mikrometers, L. W. Seidel & Sohn, Wien 1883.
- [6] Tichý, A.: Die Forsteinrichtung in Eigenregie des auf eine möglichst naturgesetzliche Waldbehandlung bedachten Wirtschafters, Wien 1884.
- [7] Starke, G.: Logarithmisch-tachymetrische Tafeln für den Gebrauch des logarithmischen Tachymeters, Wien 1885.
- [8] Tichý, A.: Der qualifizierte Plentenbetrieb, 1891.
- [9] Tichý, A.: Die Praezisionstachymetrie und ihre neusten instrumentalen Mitten, Buchholz, München 1892.

- [10] Tichý, A.: Das Schlussergebnis der Betrachtungen zu dem Gebiete der graphischen Tachymetrie, Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur - und Architekten-Vereins, XXVI, (1894), č. 3, s. 32-37; pokr. č.4, s. 50-53.
- [11] Tichý, A.: Der Gebirgswald als Objekt des Bahnerhaltungsdienst, 6 Z.d.Ö.I.u.A.V., XXVI, (1894), č. 27, s. 349-352
- [12] Tichý, A.: Om skillnaden i skogshushllningens teknik under det XIX. och det XX. Arhundradet (O rozdílech v technice pěstění lesa v 19. a 20. století), Švédsko 1900, česky ÚVTI MZLVH Praha 1966.
- [13] Hartner, F.; Doležal, E.: Hand- und Lehrbuch der niederen Geodäsie, 2 díly, 9. vydání, L. W. Seidel & Sohn, Wien 1904 - 1905
- [14] Tichý, A.: Reduktion auf den Meereshorizont, Wien 1909.
- [15] Tichý, A.: Trigonometrische Längenbestimmung geodaetischer Grundlinien, Z.d.Ö.I.u.A.V., LXI, (1909), č.1, s.2-7; pokr. č. 2, s. 24-30; č. 3, s. 41-45; č. 4, s. 57-61; č. 5, s. 73-76.
- [16] Tichý, A.: Die nunmehr definitiv konsolidierte logarithmisch - tachymetrische Methode, Z.d.Ö.I.u.A.V., LXV, (1913), č. 43, s. 705-711; pokr. č. 44, s. 721-728; č. 45, s. 737-741.
- [17] Tichý, A.: Definitivně ustálená metoda logaritmicko-tachymetrická, Zeměměřičský věstník, 2, (1914), č. 2, s. 18-25; pokr. č. 3, s. 33-39
- [18] Tichý, A.: Rationelle Vorgänge bei Absteckung bedeutend langen Eisenbahntunnels, Z.d.Ö.I.u.A.V., LXVI, (1914), č. 47/48, s. 717-722; pokr. č. 49/50, s. 733-736; č. 51/52, s. 749-759.
- [19] Tichý, A.: Zeitgemässe Erwägung besonderer Fortschritts- möglichkeiten im Forstwesen, Z.d.Ö.I.u.A.V., LXVIII, (1916), č. 30, s. 561-568; pokr.č.51, s. 577-583, česky ÚVTI MZVŽ Praha 1959.
- [20] Tichý, A.: Das gleichzeitige Vorwärtsschneiden als Schnellmess - Verfahren in der praktischen Geometrie, Z.d.Ö.I.u.A.V., LXX, (1918), č.19, s.220-222, pokr. č. 20, s. 232-235.
- [21] Tichý, A.: Entwicklung eines paradoxen Begriffes von Triangulation I. Ordnung, Berlin 1918.
- [22] Tichý, Al.: Antonín Tichý, Zeměměřičský věstník, 11, (1923), č. 8, s. 113-115.
- [23] Doležal, L.: Doplňovací zaměřování u železnic provozovaných, Zem. věstník, 11, (1923), č. 4, str. 49-56, k osobě A. Tichého poznámka na s. 56.
- [24] Hässler, F.: Beitrag zur Verwendung der tachymetrischen Kippregel. (Patent Tichy und Starke), Y.d.Ö.I.u.A.V., LXXV, (1923), č. 29 / 30, s. 179 - 180
- [25] Hřbitovní matrika města Unter Tullnerbach, rok 1923, položka č. 19.
- [26] Tichý, Al.: Antonín Tichý †, Zem. věstník, 12, (1924), č. 1, s. 3-4.
- [27] Ottův slovník naučný nové doby - dodatky VI-2, Novina Praha 1943, k osobě A. Tichého s. 1140
- [28] Ryšavý J.: Geodesie II, 4. vydání, SNTL Praha 1955.
- [29] Deumlich, F.: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, 6. vydání, VEB Verlag für Bauwesen Berlin 1974.
- [30] Dopis Dr. A. Stattlera, starosty Tullnerbachu, P. Hánkovi ze dne 11. 2. 1991.