

vojenský topografický obzor



vydává MNO

1

1964

O B S A H

Inž. plukovník prof. dr. Josef Vykutíl: Výpočet zeměpisných souřadnic a azimutů pro body určené směrem a délkou (rajónem)	1
<i>Recenzent inž. CSc major Vladimír Martinák</i>	
Inž. major Jaroslav Prachař: Použitelnost triangulačního theodolitu typu Wild T 3 pro přesnější měření astronomických azimutů z Polárky	8
<i>Recenzent inž. plukovník prof. dr. Jos. Vykutíl</i>	
Inž. podplukovník Jaroslav Severa: Transformace souřadnic bodu z místního pravouhého prostorového systému do geocentrického nebo jiného místního systému	14
<i>Recenzent inž. CSc Milan Burša</i>	
Inž. CSc major Vladimír Martinák: Některé metody kompenzace reflexních chyb při měření rádiovými dálkoměry	23
<i>Recenzent inž. major Václav Horník</i>	
Inž. CSc Radim Kudělásek: K otázce unifikace a standardizace fotogrammetrického instrumentaria	29
<i>Recenzent inž. CSc Vladimír Krátký</i>	
Inž. podplukovník Boleslav Cervinka: Analyticko-grafické vyrovnání aerotriangulace	39
<i>Recenzent inž. CSc pplk. Radim Kudělásek</i>	
Inž. Jelínek, inž. Kubeček, inž. podplukovník Kilberger. Příspěvek k mechanizaci vedení a rozmnožování grafické dokumentace na mapách	47
<i>Recenzent inž. major Jaroslav Šádek</i>	
Inž. Oldřich Gorgoň: Diazotypie	61
<i>Recenzent inž. Jaroslav Kubeček</i>	
Inž. Zdeněk Jelínek: Poznatky z kyanotypického procesu	68
<i>Recenzent inž. podplukovník Karel Havlín</i>	
Inž. Jiří Beneš, Inž. Karel Sváb: Použití tabelátoru T 320 k převodu údajů z děr. štítků do děr. pásky ..	71
<i>Recenzent inž. major Václav Horník</i>	
Inž. CSc Miloš Cimbálník, Jarmila Včeláková: Tabulky pro výpočet druhých odmocnin. (Samostatná příloha)	
<i>Recenzent inž. prof. dr. plukovník Josef Vykutíl</i>	
Zprávy technické knihovny VZÚ	76

VOJENSKÝ TOPOGRAFICKÝ OBZOR. Vydává MNO. Řídí redakční rada. Inž. dr. Jan Klíma (předseda), prof. inž. dr. Josef Vykutíl, doc. inž. dr. Bohuslav Šimák, inž. CSc Radim Kudělásek, inž. Zdeněk Cupal, inž. Jiří Kánský, inž. CSc Vladimír Martinák, inž. Ladislav Kebisek, Ján Kováč, inž. Ludovít Frídrieh (členové).
Redaktor inž. Otakar Skoupý.

Inženýr plukovník prof. dr. Josef V y k u t i l, VAAZ Brno

Výpočet zeměpisných souřadnic a azimutů pro body určené směrem a délkou (rajónem)

Není to tak dávno, co jsme v geodézii při určování souřadnic bodů omezovali délky stran polygonových pořadů a délky rajónů. Bylo to nutné proto, že jsme neměli vhodné přístroje pro rychlé měření větších (velkých) délek s potřebnou přesností. Moderní skutečnost je jiná: rádiovými dálkoměry lze snadno měřit značně velké délky s poměrně vysokou přesností. To vedlo k tomu, že se již měří polygonové pořady o dlouhých stranách a určují souřadnice bodů dlouhými rajóny (např. souřadnice vlivovacích a zhušťovacích bodů).

V geodetickém zabezpečení vojsk mohou nastat případy, kdy bude výhodné určit z měřené délky a směrníku (azimutu) přímo geodetické zeměpisné souřadnice a azimut nově zaměřeného bodu. Tato situace nastane, budeme-li potřebovat rychle zeměpisné geodetické souřadnice a azimut (výpočet v rovinných pravouhlých souřadnicích a převod těchto souřadnic na zeměpisné je zdlouhavý), nebo budeme-li na výchozím (daném) bodě znát jen geodetické zeměpisné souřadnice, takže vůbec nemůžeme počítat v rovinném souřadnicovém systému. Půjde tedy o řešení úlohy formulované takto:

Je dán výchozí bod P_1 svými geodetickými zeměpisnými souřadnicemi B_1, L_1 . Na tomto bodě byla změřena délka s_{12} na bod P_2 a určen azimut této délky, který označme A_{12} (viz obr. 1). Máme vypočítat geodetické zeměpisné souřadnice B_2, L_2 bodu P_2 a azimut A_{21} z bodu P_2 na bod P_1 .

Uvedená úloha je běžná při budování klasických trigonometrických sítí I. řádu (I. základní geodetická úloha). Rozdíl je v tom, že v triangulaci se délky trigonometrických stran neměří přímo, ale počítají řešením sférických trojúhelníků z výchozí trigonometrické strany, určené z přímo měřené základny; výpočtem dostáváme délky na elipsoidu. Aby byla zaručena potřebná polohová přesnost, počítají se zeměpisné souřadnice na $0,0001''$ a azimuty obvykle na $0,001''$.

Při řešení naší úlohy nebudeme samozřejmě vyžadovat tak vysokou přesnost v určení souřadnic a azimutů jako v triangulaci I. řádu. *Uvážíme-li střední chyby měřených veličin (délek a úhlů), dojdeme k závěru, že souřadnice postačí počítat na $0,01''$ a azimuty na $0,1''$.* Toto omezení přesnosti (a obvykle kratší délky než v triangulaci I. řádu) dovolí zjednodušit vzorce a zanedbat malé veličiny vyššího řádu.

Rádiovými nebo světelnými dálkoměry naměříme prostorovou délku, kterou musíme převést na délku na elipsoidu. Tento převod je zvláště jednoduchý pro délky kratší než 10 km (viz [1], [2]).

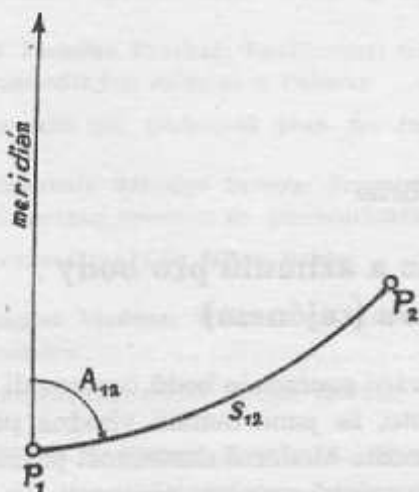
Na daném (výchozím) bodě P_1 potřebujeme určit geodetický azimut A_{12} na nově určovaný bod P_2 . Tento azimut se určí například takto: Z měření na Slunce nebo Polárku se vypočte astronomický azimut α_{12} , který se podle známé Laplaceovy rovnice převede na azimut geodetický:

$$A_{12} = \alpha_{12} - \eta_1 \operatorname{tg} B_1 ;$$

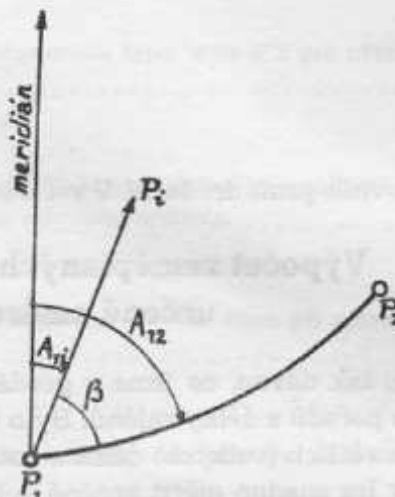
η_1 je složka tížnicové odchylky v prvním vertikálu na bodě P_1 . Obdobně na geodetický azimut se převede azimut určený gyrotheodolitem.

Budeme-li na bodě P_1 znát geodetický azimut A_{12} na nějaký jiný bod P_i , změříme theodolitem vodorovný úhel β mezi směrem na bod P_i a bod P_2 a azimut A_{12} vypočteme ze vzorce (viz obr. 2):

$$A_{12} = A_{i1} + \beta$$



Obr. 1.



Obr. 2.

Pohybujeme-li se z bodu P_1 do bodu P_2 po geodetické křivce s_{12} , mění se plynule zeměpisné souřadnice i azimut, což lze vyjádřit Mac Laurinovými řadami ([3], str. 48):

$$\left. \begin{aligned} B_2 &= B_1 + \left(\frac{dB}{ds}\right)_1 s_{12} + \left(\frac{d^2B}{ds^2}\right)_1 \frac{s_{12}^2}{2} + \left(\frac{d^3B}{ds^3}\right)_1 \frac{s_{12}^3}{6} + \dots \\ L_2 &= L_1 + \left(\frac{dL}{ds}\right)_1 s_{12} + \left(\frac{d^2L}{ds^2}\right)_1 \frac{s_{12}^2}{2} + \left(\frac{d^3L}{ds^3}\right)_1 \frac{s_{12}^3}{6} + \dots \\ A_{21} &= A_{12} \pm 180^\circ + \left(\frac{dA}{ds}\right)_1 s_{12} + \left(\frac{d^2A}{ds^2}\right)_1 \frac{s_{12}^2}{2} + \left(\frac{d^3A}{ds^3}\right)_1 \frac{s_{12}^3}{6} + \dots \end{aligned} \right\} (1)$$

Index 1 v těchto vzorcích znamená, že derivace je třeba brát v bodě P_1 (pro $s_{12} = 0$). Řady konvergují tím rychleji, čím je geodetická křivka kratší.

V rovnicích (1) známe B_1 , L_1 , A_{12} a s_{12} . K výpočtu hodnot B_2 , L_2 a A_{21} je třeba dosadit naznačené derivace. Až do třetího řádu jsou tyto derivace odvozeny v publikaci [4] na str. 73, až do pátého řádu v [5], § 130. Budeme-li body určovat rajónem na kratší vzdálenosti (omezení uvedeme později) a vystačíme-li s dříve uvedenou přesností výpočtů, můžeme v rovnicích (1) zanedbat všechny členy třetího a vyšších řádů; vzorce se tím podstatně zjednoduší.

Podle citované literatury jsou první derivace:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dB}{ds} &= \frac{\cos A}{M} \\ \frac{dL}{ds} &= \frac{\sin A}{N \cos B} \\ \frac{dA}{ds} &= \frac{\sin A}{N} \operatorname{tg} B, \end{aligned} \right\} (2)$$

kde M , N jsou meridiánový a příčný poloměr křivosti elipsoidu.

Druhé derivace se vypočtou z prvních. Zavedeme-li obvyklé označení $e^2 \cos^2 B = \eta^2$, dostaneme po úpravě ([5], str. 946-947):

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 B}{ds^2} &= -\frac{1}{MN} (\sin^2 A \operatorname{tg} B + 3\eta^2 \cos^2 A \operatorname{tg} B) \\ \frac{d^2 L}{ds^2} &= \frac{2}{N^2 \cos B} \sin A \cos A \operatorname{tg} B \\ \frac{d^2 A}{ds^2} &= \frac{1}{N^2} \sin A \cos A (1 + 2 \operatorname{tg}^2 B + \eta^2) \end{aligned} \right\} (3)$$

Při výpočtu druhých derivací můžeme v našem případě nahradit elipsoid koulí, tj. zanedbat ve vzorcích (3) všechny členy s η^2 a položit $\frac{1}{N^2} \approx \frac{1}{MN}$.

Po tomto zjednodušení bude:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 B}{ds^2} &= -\frac{1}{MN} \sin^2 A \operatorname{tg} B \\ \frac{d^2 L}{ds^2} &= \frac{2}{MN} \sin A \cos A \frac{\operatorname{tg} B}{\cos B} \\ \frac{d^2 A}{ds^2} &= \frac{1}{MN} \sin A \cos A (1 + 2 \operatorname{tg}^2 B) \end{aligned} \right\} (4)$$

Dosadíme-li vztahy (2) a (4) do rovnic (1), dostaneme po jednoduché úpravě ($\rho'' = 206\,264,8''$):

$$\left. \begin{aligned} B_2 &= B_1 + \frac{\rho''}{M_1} s_{12} \cos A_{12} - \frac{\rho''}{2 M_1 N_1} s_{12}^2 \sin^2 A_{12} \operatorname{tg} B_1 \\ L_2 &= L_1 + \frac{\rho''}{N_1} s_{12} \sin A_{12} \frac{1}{\cos B_1} + \frac{\rho''}{M_1 N_1} s_{12}^2 \sin A_{12} \cos A_{12} \frac{\operatorname{tg} B_1}{\cos B_1} \\ A_{21} &= A_{12} + 180^\circ + \frac{\rho''}{N_1} s_{12} \sin A_{12} \operatorname{tg} B_1 + \frac{\rho''}{2 M_1 N_1} s_{12}^2 \sin A_{12} \cos A_{12} (1 + 2 \operatorname{tg}^2 B_1) \end{aligned} \right\} (5)$$

Označme

$$s \cos A_{12} = u ; \quad s_{12} \sin A_{12} = v$$

a uvažme, že

$$\frac{\rho''}{M_1 N_1} = \frac{\rho''}{R_1^2},$$

kde R_1 je střední poloměr křivosti v bodě P_1 (pro zeměpisnou šířku B_1). Vzorce (5) můžeme potom psát:

$$\left. \begin{aligned} B_2 &= B_1 + \frac{\rho''}{M_1} u - \frac{\rho''}{2 R_1^2} v^2 \operatorname{tg} B_1 \\ L_2 &= L_1 + \frac{\rho''}{N_1 \cos B_1} v + \frac{\rho''}{R_1^2} uv \frac{\operatorname{tg} B_1}{\cos B_1} \\ A_{21} &= A_{12} + 180^\circ + \frac{\rho''}{N_1} v \operatorname{tg} B_1 + \frac{\rho''}{2 R_1^2} uv (1 + 2 \operatorname{tg}^2 B_1) \end{aligned} \right\} (6)$$

Uvedený postup je v podstatě shodný s Legendre-Boltzovým řešením I. hlavní geodetické úlohy. Budeme-li počítat hodnoty u a v ze vztahů

$$u = s_{12} \cos A_{12} \cdot 10^{-5} ; \quad v = s_{12} \sin A_{12} \cdot 10^{-5}$$

a označíme-li

$$\left. \begin{aligned} \frac{10^5 \rho''}{M_1} &= b_1 ; & -\frac{10^{10} \rho''}{2R_1^2} \operatorname{tg} B_1 &= b_2 ; \\ \frac{10^5 \rho''}{N_1 \cos B_1} &= l_1 ; & \frac{10^{10} \rho''}{R_1^2} \frac{\operatorname{tg} B_1}{\cos B_1} &= l_2 ; \\ \frac{10^5 \rho''}{N_1} \operatorname{tg} B_1 &= a_1 ; & \frac{10^{10} \rho''}{2R_1^2} (1 + 2 \operatorname{tg}^2 B_1) &= a_2 , \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

dostaneme konečné vzorce pro výpočet veličin B_2 , L_2 a A_{21} v jednoduchém tvaru:

$$\left. \begin{aligned} B_2 &= B_1 + b_1 u + b_2 v^2 \\ L_2 &= L_1 + l_1 v + l_2 uv \\ A_{21} &= A_{12} = 180^\circ + a_1 v + a_2 uv \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Koeficienty b_1, b_2, l_1, a_1 jsou přesně totožné s koeficienty $b_{10}, b_{02}, l_{01}, a_{01}$ v tabulkách [6]. Koeficienty l_2, a_2 se nepatrně liší od koeficientů l_{11}, a_{11} v uvedených tabulkách; je to důsledek toho, že jsme druhé derivace počítali na kouli místo na elipsoidu. Rozdíly jsou však pro naše účely zanedbatelné.

Pro potřeby praxe je žádoucí co nejvíce zrychlit a zjednodušit ty práce, které se nejčastěji vyskytují. Konfigurace terénu, zakřivení Země a atmosférické podmínky ztěžují zejména měření úhlů (ale i délek) na větší nebo velké vzdálenosti. Lze tvrdit, že *nejčastěji budeme určovat body rajónem do vzdálenosti 10 km*; záměry delší nebudou příliš časté. Budou-li tedy délky nejvýše 10 km, budou veličiny u, v menší nebo nejvýše rovny 0,1, veličiny v^2 nebo uv menší nebo nejvýše rovny 0,01. Stačí proto sestavit tabulku koeficientů (7) s přesností na desetiny vteřiny a přesnost výsledků na 0,01" bude zaručena. Toto zjednodušení umožní volit krok tabulek 10'. Tabulky jsou v příloze k tomuto článku a to pro zeměpisné šířky od 40° do 55°. Hodnoty byly převzaty z [6] a vhodně zaokrouhleny.

Další známou výhodou tohoto řešení je, že koeficienty, které se interpolují z tabulek k dané zeměpisné šířce B_1 bodu P_1 , platí (jsou stejné) pro všechny délky a směry vycházející z tohoto bodu. Budeme-li z téhož bodu určovat rajóny několik nových bodů, budeme tedy koeficienty hledat jen jednou.

Budou-li strany $s \leq 3$ km, lze zanedbat i veličiny druhého řádu. Vzorce (8) se dále zjednoduší:

$$\left. \begin{aligned} B_2 &= B_1 + b_1 u \\ L_2 &= L_1 + l_1 v \\ A_{21} &= A_{12} = 180^\circ + a_1 v \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Z porovnání vzorců (9) a (7) je zřejmé, že ve vzorcích (9) vlastně jde o výpočet na kouli o poloměru M (pro zeměpisnou šířku) a na kouli o poloměru $N_1 \cos B_1 = r_1$ (poloměr rovnoběžky) pro zeměpisnou délku a azimut. Rozdíly souřadnic se v tomto případě počítají jako v rovině a převedou se na odpovídající úhel na příslušné kružnici.

Příklad: Je dáno: $B_1 = 49^\circ 32' 56'', 27$; $L_1 = 14^\circ 43' 47'', 32$
 $s_{12} = 10\,000,00$ m ; $A_{12} = 107^\circ 36' 52'', 06$

V připojených tabulkách interpolujeme k dané zeměpisné šířce hodnoty koeficientů:

$$b_1 = + 3\,236,8 ; \quad l_1 = + 4\,974,8 ; \quad a_1 = + 3\,785,6 ;$$

$$b_2 = - 29,7 ; \quad l_2 = + 91,3 ; \quad a_2 = + 94,8 .$$

Dále vypočteme: $\cos A_{12} = - 0,3026\,104 ; \quad \sin A_{12} = + 0,9531\,143 ;$

$$u = - 0,03026\,104 ; \quad v = + 0,09531\,143 ;$$

$$uv = - 0,00288 \quad ; \quad v^2 = + 0,00908$$

Po dosazení do vzorců (8) dostaneme:

49°32'56",27	14°43'47",32	107°36'52",06
- 1'37",95	+ 7'54",15	+ 180°00'00",00
- 0",27	- 0",26	+ 6'00",81
<u>B₂ = 49°31'18",05</u>	<u>L₂ = 15°51'41",21</u>	<u>A₂₁ = 287°42'52",60</u>

Tentýž příklad můžeme samozřejmě počítat podle vzorců (6), bez použití speciálních tabulek. V tom případě počítáme takto:

$$\cos A_{12} = - 0,3026\,104 \quad ; \quad \sin A_{12} = + 0,9531\,143$$

$$\operatorname{tg} B_1 = + 1,17288 \quad ; \quad \cos B_1 = + 0,648798$$

$$M_1 = 6\,372\,566 \text{ m} \quad ; \quad N_1 = 6\,390\,642 \text{ m}$$

$$\frac{\rho''}{2R_1^2} = 25,324 \cdot 10^{-10} \quad ; \quad N_1 \cos B_1 = 4\,146\,236$$

$$u = - 3\,026,104 \quad ; \quad v = + 9\,531,143$$

$$uv = - 0,2884 \cdot 10^8 \quad ; \quad v^2 = + 0,9084 \cdot 10^8$$

$$\frac{\rho''}{M_1} = 0,0323\,676 \quad ; \quad \frac{\rho''}{N_1} = 0,0322\,761$$

S těmito hodnotami vypočteme:

$$\frac{\rho''}{M_1} u = - 97",95 \quad ; \quad - \frac{\rho''}{2R_1^2} v^2 \operatorname{tg} B_1 = - 0",27$$

$$\frac{\rho''}{N_1 \cos B_1} v = + 474",15 \quad ; \quad \frac{\rho''}{R_1^2} uv \frac{\operatorname{tg} B_1}{\cos B_1} = - 0",26$$

$$\frac{\rho''}{N_1} v \operatorname{tg} B_1 = + 360",81 \quad ; \quad \frac{\rho''}{2R_1^2} uv (1 + 2 \operatorname{tg}^2 B_1) = - 0",27$$

Konečné hodnoty veličin B_2 , L_2 , A_{21} vypočteme dosazením do vzorců (6); jsou přesně stejné jako při prvním výpočtu. Výpočet pomocí tabulek je ovšem nepoměrně rychlejší a snadnější.

Literatura:

- [1] Vykutíl, J.: Matematická redukce délek měřených rádiovými a světelnými dálkoměry, Vojenský topografický obzor, č. 2, 1960.
- [2] Vykutíl, J.: Výpočet a vyrovnání délkově měřených sítí, skriptá VA AZ, Brno, 1961.
- [3] Krasovskij, F. N.: Izbrannye sočinenija, Tom IV, Moskva 1955.
- [4] Urmajev, N. A.: Sferoidičeskaja geodezija, Moskva 1955.
- [5] Jordan, Eggert, Kneissl: Handbuch der Vermessungskunde, Band IV, Stuttgart 1959.
- [6] Tarczy-Hornoch, Christov: Tablicy dlja ellipsoida Krasovskogo, Budapest 1959.

Tabulka koeficientů pro přibližné řešení I. hlavní geodetické úlohy

Elipsoid Krasovského

B	b_1	b_2	l_1	$diff.$	l_2	a_1	$diff.$	a_2
40°00'	+3242,2	-21,3	+4215,7		+55,4	+2709,8		+61,0
10'	3242,1	21,4	4226,0	+10,3	55,8	2725,8	+16,0	61,4
20'	3242,0	21,5	4236,4	10,4	56,3	2741,9	16,1	61,8
30'	3241,9	21,7	4246,8	10,4	56,8	2758,1	16,2	62,2
40'	3241,8	21,8	4257,4	10,6	57,3	2774,4	16,3	62,7
50'	3241,7	21,9	4268,0	10,6	57,7	2790,7	16,3	63,1
				10,8			16,4	
41°00'	+3241,6	-22,1	+4278,8		+58,2	+2807,1		+63,6
10'	3241,5	22,2	4289,6	+10,8	58,7	2823,6	+16,5	64,0
20'	3241,4	22,3	4300,5	10,9	59,2	2840,2	16,6	64,5
30'	3241,3	22,4	4311,5	11,0	59,7	2856,9	16,7	64,9
40'	3241,2	22,6	4322,6	11,1	60,2	2873,6	16,7	65,4
50'	3241,1	22,7	4333,8	11,2	60,7	2890,5	16,9	65,9
				11,3			16,9	
42°00'	+3241,0	-22,8	+4345,1		+61,2	+2907,4		+66,4
10'	3241,0	23,0	4356,5	+11,4	61,8	2924,5	+17,1	66,8
20'	3240,9	23,1	4368,0	11,5	62,3	2941,6	17,1	67,3
30'	3240,8	23,2	4379,5	11,5	62,8	2958,8	17,2	67,8
40'	3240,7	23,4	4391,2	11,7	63,4	2976,1	17,3	68,3
50'	3240,6	23,5	4403,0	11,8	63,9	2993,5	17,4	68,8
				11,9			17,4	
43°00'	+3240,5	-23,6	+4414,9		+64,4	+3010,9		+69,3
10'	3240,4	23,8	4426,9	+12,0	65,0	3028,5	+17,6	69,8
20'	3240,3	23,9	4439,0	12,1	65,6	3046,2	17,7	70,3
30'	3240,2	24,1	4451,1	12,1	66,1	3064,0	17,8	70,9
40'	3240,1	24,2	4463,4	12,3	66,7	3081,8	17,8	71,4
50'	3240,0	24,3	4475,8	12,4	67,3	3099,8	18,0	71,9
				12,6			18,1	
44°00'	+3239,9	-24,5	+4488,4		+67,8	+3117,9		+72,5
10'	3239,8	24,6	4501,0	+12,6	68,4	3136,0	+18,1	73,0
20'	3239,7	24,8	4513,7	12,7	69,0	3154,3	18,3	73,6
30'	3239,6	24,9	4526,5	12,8	69,6	3172,7	18,4	74,2
40'	3239,5	25,1	4539,5	13,0	70,2	3191,2	18,5	74,7
50'	3239,4	25,2	4552,6	13,1	70,8	3209,8	18,6	75,3
				13,1			18,7	
45°00'	+3239,3	-25,4	+4565,7		+71,5	+3228,5		+75,9
10'	3239,2	25,5	4579,0	+13,3	72,1	3247,3	+18,8	76,5
20'	3239,2	25,6	4592,4	13,4	72,7	3266,2	18,9	77,1
30'	3239,1	25,8	4606,0	13,6	73,4	3285,2	19,0	77,7
40'	3239,0	25,9	4619,6	13,6	74,0	3304,4	19,2	78,3
50'	3238,9	26,1	4633,4	13,8	74,7	3323,6	19,2	78,9
				13,9			19,4	
46°00'	+3238,8	-26,2	+4647,3		+75,3	+3343,0		+79,5
10'	3238,7	26,4	4661,3	+14,0	76,0	3362,5	+19,5	80,2
20'	3238,6	26,6	4675,4	14,1	76,7	3382,1	19,6	80,8
30'	3238,5	26,7	4689,7	14,3	77,3	3401,8	19,7	81,4
40'	3238,4	26,9	4704,1	14,4	78,0	3421,6	19,8	82,1
50'	3238,3	27,0	4718,6	14,5	78,7	3441,6	20,0	82,8
				14,7			20,1	
47°00'	+3238,2	-27,2	+4733,3		+79,4	+3461,7		+83,4

<i>B</i>	<i>b</i> ₁	<i>b</i> ₂	<i>l</i> ₁	<i>dif.</i>	<i>l</i> ₂	<i>a</i> ₁	<i>dif.</i>	<i>a</i> ₂
47°00'	+3238,2	-27,2	+4733,3		+79,4	+3461,7		+83,4
10'	3238,1	27,3	4748,1	+14,8	80,2	3481,9	+20,2	84,1
20'	3238,0	27,5	4763,0	14,9	80,9	3502,3	20,4	84,8
30'	3237,9	27,6	4778,0	15,0	81,6	3522,7	20,4	85,5
40'	3237,8	27,8	4793,2	15,2	82,3	3543,3	20,6	86,2
50'	3237,7	28,0	4808,5	15,3	83,1	3564,1	20,8	86,9
48°00'	+3237,6	-28,1	+4824,0		+83,8	+3584,9		+87,6
10'	3237,5	28,3	4839,6	+15,6	84,6	3605,9	+21,0	88,4
20'	3237,4	28,5	4855,4	15,8	85,4	3627,1	21,2	89,1
30'	3237,4	28,6	4871,3	15,9	86,2	3648,4	21,3	89,9
40'	3237,3	28,8	4887,3	16,0	87,0	3669,8	21,4	90,6
50'	3237,2	29,0	4903,5	16,2	87,8	3691,4	21,6	91,4
49°00'	+3237,1	-29,1	+4919,8		+88,6	+3713,1		+92,2
10'	3237,0	29,3	4936,3	+16,5	89,4	3734,9	+21,8	93,0
20'	3236,9	29,5	4953,0	16,7	90,2	3756,9	22,0	93,8
30'	3236,8	29,7	4969,8	16,8	91,1	3779,1	22,2	94,6
40'	3236,7	29,8	4986,7	16,9	91,9	3801,4	22,3	95,4
50'	3236,6	30,0	5003,9	17,2	92,8	3823,8	22,4	96,2
50°00'	+3236,5	-30,2	+5021,1		+93,6	+3846,4		+97,0
10'	3236,4	30,4	5038,6	+17,5	94,5	3869,2	+22,8	97,9
20'	3236,3	30,5	5056,2	17,6	95,4	3892,1	22,9	98,8
30'	3236,2	30,7	5074,0	17,8	96,3	3915,2	23,1	99,6
40'	3236,1	30,9	5091,9	17,9	97,2	3938,4	23,2	100,5
50'	3236,0	31,1	5110,0	18,1	98,2	3961,8	23,4	101,4
51°00'	+3236,0	-31,3	+5128,3		+99,1	+3985,4		+102,3
10'	3235,9	31,4	5146,8	+18,3	100,0	4009,2	+23,8	103,2
20'	3235,8	31,6	5165,4	+18,5	101,0	4033,1	23,9	104,2
30'	3235,7	31,8	5184,2	18,6	102,0	4057,2	24,1	105,1
40'	3235,6	32,0	5203,2	19,0	103,0	4081,5	24,3	106,1
50'	3235,5	32,2	5222,4	19,2	104,0	4105,9	24,4	107,0
52°00'	+3235,4	-32,4	+5241,8		+105,0	+4130,6		+108,0
10'	3235,3	32,6	5261,3	+19,4	106,0	4155,4	+24,7	109,0
20'	3235,2	32,8	5281,1	+19,5	107,0	4180,4	+24,8	109,0
30'	3235,1	33,0	5301,0	19,8	108,0	4205,6	25,0	110,0
40'	3235,0	33,2	5321,2	19,9	109,1	4231,0	25,2	111,1
50'	3235,0	33,4	5341,5	20,2	109,1	4256,6	25,4	112,1
53°00'	+3234,8	-33,6	+5362,1		+110,2	+4282,3		+113,1
10'	3234,8	33,6	5382,8	20,6	+111,3	4308,3	+25,7	+114,2
20'	3234,7	33,8	5403,8	+20,7	112,4	4334,5	+26,0	115,3
30'	3234,7	34,0	5424,9	21,0	113,6	4360,9	26,2	116,4
40'	3234,6	34,2	5446,3	21,1	114,7	4387,5	26,4	117,5
50'	3234,5	34,4	5467,9	21,4	115,8	4414,3	26,6	118,6
54°00'	+3234,3	-34,8	+5489,7		+117,0	+4441,3		+119,8
10'	3234,2	34,6	5511,8	+21,8	+118,2	4468,5	+27,0	+120,9
20'	3234,2	35,0	5534,0	+22,1	119,4	4496,0	+27,2	122,1
30'	3234,1	35,2	5556,5	22,2	120,6	4523,7	27,5	123,3
40'	3234,0	35,5	5579,3	22,5	121,9	4551,6	27,7	124,6
50'	3233,9	35,7	5602,2	22,8	123,1	4579,7	27,9	125,7
55°00'	+3233,8	-36,1	+5625,4		+124,3	+4608,1		+127,0
				22,9	124,3		28,1	127,0
				23,2	+125,7		28,4	+128,2

Použitelnost triangulačního theodolitu typu Wild T3 pro přesnější měření astronomických azimutů z Polárky

1. Úvod

V současné době se někdy nahrazuje měření geodetických severníků měření astronomických azimutů z Polárky. K dosažení vyšší směrové přesnosti se většinou měří triangulačním theodolitem typu Wild T3. Podstatnou výhodou astronomického měření azimutů je jeho efektivnost tam, kde měření geodetická by vyžadovala nákladnou obnovu signalizace trigonometrických bodů. Nevýhodou uvedeného způsobu je však to, že převod astronomického azimutu na geodetický severník vyžaduje znalost tížnicové odchylky na stanovišti a že chyba v určení složky n se přenese v našich šířkách více než plnou hodnotou do určovaného směru. Kromě toho mohou být astronomické azimuty, měřené triangulačním theodolitem typu Wild T3, zatíženy i systematickými chybami, vyplývajícími hlavně z nepravidelnosti čepů horizontální osy, neboť tento theodolit nemá sázecí libelu, pomocí níž by bylo možno měřit sklon horizontální osy dalekohledu.

Vliv sklonu horizontální osy a chyby kolimační, který může způsobit určité malé zbytkové chyby v závislosti na proměnné zenitové vzdálenosti hvězdy, lze prakticky eliminovat vhodným měřickým postupem (viz [3], odst. 2,2).

Sklon vertikální osy se při měření určuje přezkoušenou a proměřenou alhidádovou libelou, jejíž citlivost dosahuje u používaných theodolitů hodnot od 6" do 9" na 2 mm. Vzhledem k tomu, že citlivost je proměnná v závislosti na délce bubliny, mohou přesnost měřeného astronomického azimutu poněkud zhoršit zbytkové chyby z rozdílné citlivosti libely, způsobené různou teplotou při kalibraci a při měření. Tento vliv však lze rovněž prakticky eliminovat pečlivým dorovnáváním libely mezi skupinami, popř. i mezi řadami tak, aby u strmé záměry na Polárku dosahovaly opravy ze sklonu vertikální osy v jednotlivých skupinách co nejmenších hodnot, a to kladných i záporných. Bude-li součet oprav ze sklonu vertikální osy ve všech měřených skupinách jednoho směru blízký nule, bude ve výsledné hodnotě vliv proměnné citlivosti alhidádové libely prakticky eliminován.

Nejnepříznivějším činitelem při měření astronomických azimutů z Polárky triangulačním theodolitem je nepravidelnost čepů horizontální osy. Ta způsobí neregistrovatelné a pro každý stroj rozdílné kolísání horizontální osy, proměnné se zenitovou vzdáleností záměry, tj. se zeměpisnou šířkou stanoviště a pozicí Polárky. Z tohoto důvodu nebude možné vliv nepravidelnosti čepů u triangulačního theodolitu typu Wild T3 plně eliminovat.

V praxi se opravují astronomicky měřené azimuty o tzv. kalibrační opravu, která byla pro každý stroj určena na orientační základně měřením srovnávacího směru, jehož azimut je znám. Za orientační základnu je možno zvolit buď stranu základní astronomicko-geodetické sítě, vycházející z Laplaceova bodu, nebo zcela libovolný směr, jehož azimut byl s dostatečnou přesností astronomicky zaměřen univerzálem nebo pasážníkem. Zeměpisné souřadnice stanoviště u libovolně zvoleného směru stačí pro tento účel znát s přesností $m_{\varphi} \leq 3''$ a $m_{\lambda} \leq 4''$, což většinou umožňuje nahradit astronomické zeměpisné souřadnice souřadnicemi geodetickými.

Spolehlivost astronomických azimutů, měřených z Polárky kalibrovaným theodolitem typu Wild T3, bude pak převážně závislá na tom, do jaké míry se bude měnit kalibrační oprava v závislosti na teplotě, na změně zeměpisné šířky stanoviště a hodinového úhlu Polárky. Kromě toho by mohly stálost kalibrační opravy do jisté míry ohrozit i otřesy a nárazy stroje při jeho dopravě. Konečně se zde rozhodně projeví i rozdílnost osobních chyb měřičů.

2. Sledování změn kalibračních oprav u theodolitů typu Wild T3

V období od prosince 1962 do dubna 1964 byla uskutečněna řada ověřovacích měření, jejichž cílem bylo získat představu o velikostech změn kalibrační opravy. Tyto změny byly sledovány u čtyř theodolitů švýcarské výroby Wild T3 a pěti sovětských theodolitů téže konstrukce

OT-02. Změny kalibračních oprav těchto theodolitů byly zjišťovány měřením na čtyřech orientačních základnách, jejichž srovnávací azimuty*) byly určeny rovněž z Polárky, astronomickým univerzálem Wild T4. Na měření srovnávacích azimutů se podíleli dva měřiči, kteří zároveň měřili velkou většinu kalibračních oprav zkoušených strojů Wild T3 a OT-02. Měření jednoho směru astronomickým univerzálem bylo rozvrženo do dvou až tří pozorovacích nocí, a pokud bylo možno, i do hodin večerních, nočních a ranních. Pro zaměření srovnávacích azimutů astronomickým univerzálem byl zvolen měřický postup, užívaný v základní astronomicko-geodetické síti (viz [1], str. 221). Na každé orientační základně byl vybudován zděný piliř, jehož stabilita byla všude velmi dobrá. Naprosto pevné osazení světelného terče ve zdi stabilního objektu ve vzdálenosti 4,6 až 5,5 km od konusu piliře zaručovalo stálost srovnávacího směru na všech základnách. Některá data základen i údaje o zaměření srovnávacích směrů jsou shrnuty v tabulce 1.

Tabulka 1

Orientační základna	Zeměpisná šířka	Přibližné		Délka základny	Orientace základny ve směru na	Měřeno dne	Měřil	Počet měřených dvojskupin	Střední chyba srovnávacího směru
		ξ	η						
Dobrošov	50°24'	-1"	-2"	4,6 km	vjv	2.-3. 3. 63 3.-4. 3. 63	A, B	18	= 0,22"
Domažlice	49°28'	-1"	-3"	5,3 km	jjz	5. 6. 63 2. 8. 63	A	17	= 0,27"
Vimperk	49°04'	0	0	4,7 km	v	19. 9. 63 20. 9. 63	A, B	16	= 0,26"
Val	50°18'	0	-2"	5,5 km	jz	5. 3. 64 9. 3. 64 17. 3. 64	A, B	20	= 0,30"

Kalibrační opravy theodolitů Wild T3 a OT-02 byly určovány na různých orientačních základnách měřením astronomických azimutů z Polárky. Použito bylo měřického postupu stanoveného Směrnicemi pro budování zařízení na bodech československé státní trigonometrické sítě. Série devíti až sedmnácti skupin, měřených většinou v jedné pozorovací noci, byla pak vzata za základ pro určení kalibrační opravy příslušného stroje. Všechny ověřované stroje byly kalibrovány v období alespoň jednoho roku třikrát až pětkrát, minimálně na třech různých orientačních základnách. Na kalibraci se podíleli tři měřiči. Podmínky pro měření byly většinou dobré. Číselné hodnoty kalibračních oprav jednotlivých strojů jsou i s některými dalšími údaji shrnuty v tabulkách 2 a 3.

3. Rozbor výsledků

a) Přesnost v určení azimutů orientačních základen

Na všech čtyřech základnách, zřízených pro sledování změn kalibračních oprav, byly změřeny hodnoty srovnávacích azimutů jedním astronomickým univerzálem a shodnou pozorovací metodou. Veškerá tato měření vykonali pouze dva měřiči, rozdílnost jejichž osobních chyb nedosáhla na žádné ze tří společně měřených základen mezi středních chyb a neměla systematický charakter. Proto i srovnávacímu azimutu základny Domažlice, zaměřenému pouze jedním měřičem, lze přisoudit téměř tutéž váhu jako ostatním. Celkově je možno považovat všechna měření orientačních základen za homogenní, v nichž je eliminován vliv chyby přístrojové a značně potlačen i vliv chyby osobní.

Hodnoty srovnávacích azimutů byly vypočteny z geodetických zeměpisných souřadnic stanoviště, určených početním převodem z rovinných pravoúhlých souřadnic v systému 1942.

*) Pojem srovnávací azimut je v článku označován astronomicky měřený azimut z Polárky, pro jehož výpočet byly použity geodetické zeměpisné souřadnice stanoviště. Pro složky tížnicových odchylek $\xi \leq +3''$ a $\eta \leq 3''$ nepřekročí rozdíly astronomického a srovnávacího azimutu v zeměpisných šířkách CSSR meze = 0,1".

Tabulka 2
Kalibrační opravy strojů Wild T3

Stroj	Datum měření	Orientační základna	Měřil	Počet skupin	Kalibrační oprava	Rozdíl extrémních hodnot	Použitelnost stroje pro astr. měření
106	26. 2. 1963	Dobrošov	A	13	+2,8'' ±0,4''	1,5''	velmi spolehlivý
	12. 6. 1963	Domažlice	C	17	+1,8'' ±0,5''		
	1. 8. 1963	Domažlice	C	17	+1,3'' ±0,7''		
	16. 3. 1964	Val	A	13	+2,4'' ±0,4''		
107	21. 12. 1962	Dobrošov	A	12	+2,7'' ±0,4''	2,1'' u jedn. měřiče pouze 0,4''	velmi spolehlivý
	8. 5. 1963	Domažlice	A	14	+3,0'' ±0,3''		
	4. 6. 1963	Domažlice	C	17	+1,2'' ±0,4''		
	10. 8. 1963	Domažlice	A	13	+2,7'' ±0,5''		
			C	14	+0,9'' ±0,3''		
	16. 3. 1964	Val	A	14	+2,6'' ±0,4''		
110	21. 2. 1963	Dobrošov	A, B	15	+2,7'' ±0,5''	2,5''	spolehlivý
	27. 2. 1963						
	2. 6. 1963	Domažlice	A	16	+4,1'' ±0,7''		
	10. 8. 1963	Domažlice	A	9	+3,5'' ±0,6''		
	9. 3. 1964	Val	C	9	+3,3'' ±0,7''		
		B	14	+1,6'' ±0,7''			
112	5. 3. 1963	Dobrošov	A, B	13	+3,4'' ±0,8''	1,9''	velmi spolehlivý
	21. 5. 1963	Domažlice	A	15	+5,3'' ±0,4''		
	13. 8. 1963	Domažlice	A	12	+3,5'' ±0,4''		
			Domažlice	C	13		
	9. 3. 1964	Val	A	14	+4,0'' ±0,4''		

Přibližné hodnoty tížnicových odchylek na všech čtyřech základnách ukazují, že rozdíl astronomického a srovnávacího azimutu v žádném případě nemůže překročit hodnotu 0,1''. Vzhledem k tomu, že tato nepřesnost se neprojeví v kalibračních opravách plnou hodnotou, nýbrž jen částečnou, lze tento vliv pokládat za zanedbatelný.

S přihlédnutím ke středním chybám srovnávacích směrů, počtu pozorovacích nocí a počtu měřených dvojskupin, jakož i s ohledem na ostatní uvedené vlivy lze považovat přesnost v určení azimutů orientačních základů pro tento účel za postačující.

b) Vliv osobní chyby

Osobní chyba byla sledována nejen při měření astronomickým univerzálem, nýbrž i u theodolitů Wild T3. Podkladem pro určení tohoto vlivu byla společná měření dvou pozorovatelů jedním strojem za týchž podmínek. Celkový počet měřených azimutů byl rozvržen do čtyř sérií o stejném počtu skupin. Aby byly podmínky měření pro oba pozorovatele prakticky stejné, byly tyto série měřeny bezprostředně za sebou a měřiči se vždy po zaměření jedné série vystřídali. Čas při měření byl u obou pozorovatelů určován na téže chronometru jedním časoměřičem.

Jak ukazují výsledky měření v tabulce 2, nedosahovala osobní chyba většinou prokazatelných hodnot. Ojedinele však může rozdílnost osobních chyb měřičů přesáhnout meze vnitřní přesnosti. (Viz měření pozorovatelů A a C 10. 8. 1963 strojem Wild T3 č. 107 na základně Domaž-

lice. Rovněž systematický rozdíl v hodnotách kalibračních oprav, určených pozorovateli A a C u strojů Wild T3 č. 106 a 107, by bylo možno zčásti přisoudit rozdílnosti jejich osobních rovnic.)

Výsledky měření ukazují, že osobní chyba při měření astronomických azimutů z Polárky theodolitem Wild T3 může dosahovat proměnných hodnot. Nelze ji tedy považovat za systematickou chybu stálou. Příčiny variace osobní rovnice bývají různé. Její změny mohou být podmíněny duševním stavem pozorovatele, délkou pozorování, změnou zvětšení dalekohledu, změnou zaostření, změnou velikosti a intenzity světelného cíle a vlivem změn v osvětlení zorného pole. Dále se v osobní chybě nutně projeví i to, zda měří pozorovatel se strojem, na který je zvyklý, nebo s jiným, zda upíná při záměře n Polárku ustanovku vertikálního pohybu a jakou silou, zda pointuje vždy ve stejné vzdálenosti od horizontálního vlákna, a konečně zda měří ve své obvyklé poloze nebo je nucen při pointaci, koincidenci a čtení libely zaujmout polohu jinou. Výsledky však ukazují, že osobní chyba zacvičených a zkušených pozorovatelů je ve velké většině stálá.

Tabulka 3
Kalibrační opravy strojů 0T-02

Stroj	Datum měření	Orientační základna	Měřil	Počet skupin	Kalibrační oprava	Rozdíl extrémních hodnot	Použitelnost stroje pro astr. měření
340	5. 3. 1963	Dobrošov	B	14	+3,1" ±0,4"	—	nespolehlivý
	20. 9. 1963	Vimperk	A	14	+1,2" ±0,5"		
	12. 3. 1964	Val	A, B	17	neurčena 1)		
	15. 3. 1964						
345	1. 3. 1963	Dobrošov	A, B	14	-1,1" ±0,7"	2,2"	spolehlivý
	1. 8. 1963	Domažlice	C	16	+1,3" ±0,5"		
	26. 8. 1963	Vimperk	B	14	-0,3" ±0,6"		
	13. 3. 1964	Val	B	14	-0,9" ±0,6"		
	15. 3. 1964						
369	1. 3. 1963	Dobrošov	A	12	-0,6" ±0,5"	—	nespolehlivý
	12. 9. 1963	Vimperk	B	10	-3,8" ±0,7" 2)		
	20. 9. 1963	Vimperk	B	14	+3,2" ±0,5"		
	15. 3. 1964	Val	A	9	-4,8" ±1,1" 3)		
372	1. 3. 1963	Dobrošov	A	13	+1,6" ±0,5"	4,2"	nespolehlivý
	12. 9. 1963	Vimperk	B	14	+0,2" ±0,5"		
	12. 3. 1964	Val	B	14	-2,6" ±0,6"		
376	1. 3. 1963	Dobrošov	B	14	-1,4" ±0,5"	3,0"	méně spolehlivý
	12. 9. 1963	Vimperk	B	13	-1,2" ±1,0"		
	12. 3. 1964	Val	A, B	13	-1,6" ±0,7"		

1) Koncem roku 1963 byl stroj v opravě, při níž byla demontována horizontální osa. V současné době je k astronomickému měření naprosto nepoužitelný. Výsledky ze sedmnácti skupin, měřených v březnu 1964, se pohybují v mezích 50". Výrobním nedostatkem stroje je značný sklon horizontální osy, který v zenitové vzdálenosti 40° způsobuje rozdíl ve čtení horizontálního kruhu v I. a II. poloze 4'20".

2) Určení opravy není plně spolehlivé. Ze čtrnácti měřených skupin byly vyloučeny čtyři, které se značně lišily od průměru ze skupin ponechaných.

3) Určení opravy není plně spolehlivé. Ze čtrnácti měřených skupin bylo vyloučeno pět, značně se lišících od průměru ze skupin ostatních.

c) Změny kalibračních oprav u theodolitů Wild T3

Hodnoty kalibračních oprav, uvedené v tabulce 2, nedosahují ve středních zeměpisných šířkách ČSSR a v období jednoho roku vcelku značných výkyvů. S přihlédnutím k jejich středním chybám, charakterizujícím pouze vnitřní přesnost, a k možnosti působení dalších vlivů (rozdílnost podmínek měření, variace osobní chyby apod.) je možno učinit z výsledků ověřovacích měření pouze tento závěr: Existují-li v období jednoho roku u theodolitů Wild T3 změny v hodnotách kalibračních oprav, pak nemají v zeměpisných šířkách od 49° do $50^\circ 30'$ prokazatelně systematický charakter a jejich číselné hodnoty zjevně nepřesahují meze středních chyb.

Výsledky ověřovacích měření u všech čtyř zkoušených theodolitů Wild T3 dokazují, že pro požadavek směrové přesnosti $\pm 2,5''$ lze považovat kalibrační opravu těchto strojů v období jednoho roku za konstantní. V žádném případě však nelze dokázat, že u theodolitů Wild T3 neexistují variace chyb přístrojových, které by mohly být částečnou příčinou zjištěných změn kalibračních oprav. Někdy může být změna chyby přístrojové působením dalších vlivů zvýrazněna, jindy utlumena.

Podle velikosti změn kalibračních oprav a středních chyb v jejich určení, jakož i s přihlédnutím ke středním jednotkovým chybám m_0 (které nejsou v tabulkách uvedeny) byla stanovena použitelnost jednotlivých strojů pro astronomické měření azimutů.

d) Změny kalibračních oprav u theodolitů OT-02

Použijeme-li pro hodnocení strojů OT-02 shodných kritérií jako u theodolitů Wild T3, pak je z údajů v tabulce 3 zřejmé, že se velká většina těchto strojů jeví pro astronomické měření azimutů jako nespolehlivá. Vzhledem k tomu, že se theodolity OT-02 při geodetickém měření vodorovných úhlů plně osvědčily, bude spočívat hlavní příčina jejich menší spolehlivosti pro astronomické měření azimutů patrně v konstrukci systému horizontální osy. Theodolit OT-02 je svým posláním určen pro měření vodorovných a svislých úhlů na bodech trigonometrických sítí I. a II. řádu pro záměry do 20 kilometrů [2]. Záměry v těchto sítích mají malý sklon vzhledem k rovině horizontu, takže není třeba klást vysoké požadavky na opracování a uložení horizontální osy.

Vzhledem k tomu, že se ukázaly theodolity OT-02 pro měření astronomických azimutů z Polárky méně spolehlivými, bylo by vhodné je používat převážně k měřením geodetickým, pro která svými parametry plně vyhovují. V severních zeměpisných šířkách kolem 50° je bude možno použít pro astronomické měření azimutů z Polárky v těch případech, kdy požadavek směrové přesnosti nebude vyšší než $5''$.

4. Cesty ke zvýšení přesnosti astronomických azimutů, měřených z Polárky theodolitem Wild T3

Prvním předpokladem pro zvýšení přesnosti astronomických azimutů je vycvičenost měřičů, která je nezbytná pro zvýšení vnitřní přesnosti měření a pro stálost chyby osobní. Dosahování hodnotných výsledků dále předpokládá spolehlivý, několikrát přezkoušený a dobře rektifikovaný theodolit Wild T3, s kterým je nutno šetrně zacházet a neustále jej udržovat v bezvadném stavu. Pokud nejsou k dispozici chronometry se spolehlivým chodem, je třeba při měření v půlhodinových až hodinových intervalech kontrolovat chod použitých stopek příjmem nepřetržitých časových signálů (DIZ, OLB, OMA). Korekci hodin je třeba určovat s přesností $0,2$ s, a to minimálně dvakrát, bezprostředně před zahájením měření a ihned po jeho skončení. Jestliže měření trvá déle než jednu hodinu, je třeba určovat další korekce v průběhu měření. Přesnost v určení času záměry na Polárku $0,5$ s je vzhledem k charakteru nahodilé chyby postačující.

Častější ověřování kalibračních oprav strojů Wild T3 v průběhu polních prací by rozhodně příznivě ovlivnilo spolehlivost měřených astronomických azimutů. To však by vyžadovalo zřizování orientačních základů ve všech prostorech měření, a proto patrně nebude tento postup

všude realizovatelný. Rozhodně však bude možné, aby každý měřič pracoval pouze s jedním strojem a svou kalibrační opravu, tj. společný vliv rovnice osobní a přístrojové, spolehlivě určil před zahájením polních prací i po jejich skončení na orientační základně, pokud možno nepříliš široce odlehle od prostoru měření. Dále bude nutné kalibrační opravu ověřovat po každé opravě theodolitu, při které byla demontována horizontální osa stroje. Přesnost v určení společného vlivu rovnice osobní a přístrojové má podstatný význam pro spolehlivost astronomicky měřených azimutů. Z tohoto důvodu bude vhodné, aby kalibrační oprava byla určena každým měřičem s přesností do 0,6" zaměřením srovnávacího směru ve 24 skupinách, rozvržených alespoň do dvou pozorovacích nocí.

Při dodržení uvedených zásad bude možné u astronomických azimutů, měřených kalibrovaným theodolitem Wild T3, očekávat vnější přesnost do $\pm 2''$, kterou již lze považovat za plně postačující. Abychom u astronomicky zaměřeného směru dosáhli střední chyby v orientaci na elipsoidu $\pm 4''$, což zhruba odpovídá přesnosti geodeticky měřených směrů, bude možno složku η tížnicové odchylky určit se střední chybou do $\pm 3''$. Tento požadavek na přesnost tížnicové odchylky bude pak možno ve většině oblastí našeho území považovat za dosažitelný. Poměrně méně spolehlivé bude tedy astronomické měření azimutů pouze v oblastech s většími změnami tížnicových odchylek.

Závěr o dosažitelné přesnosti astronomických azimutů vyplývá z ověřovacích měření, kde stabilní postavení stroje na zděném pilíři dává předpoklad k dosažení hodnotnějších výsledků. Praxe však ukázala, že tatáž vnitřní přesnost je dosažitelná i při měření na pečlivě postaveném stativu. Vzhledem k tomu, že při ověřovacích měřeních nebyl eliminován vliv osobní chyby, bylo by naopak možné při dodržení navrhovaného způsobu kalibrace očekávat přesnost poněkud příznivější.

5. Závěr

Cílem této práce bylo ověřit spolehlivost azimutů z Polárky astronomicky měřených triangulačním theodolitem typu Wild T3. Výsledky zkušebních měření potvrdily, že předpoklad konstantní kalibrační opravy závisí především na stálosti polohy horizontální osy příslušného stroje, a tu je možno prověřit pouze častěji opakovanou kalibrací. Rozdíly teplot v mezích od -10°C do $+15^{\circ}\text{C}$ ani rozdíly v zeměpisných šířkách od $49^{\circ}04'$ do $50^{\circ}24'$ se neprojevily u zkoušených theodolitů Wild T3 jako nebezpečné. Variace osobní rovnice pozorovatele byla prokazatelně zjištěna pouze při měření s jedním ze tří použitých strojů a byl navržen i způsob k jejímu omezení. Stroje OT-02 se celkově ukázaly pro měření astronomických azimutů z Polárky jako méně spolehlivé.

Bylo by vhodné ověřit, do jaké míry by byly použitelné pro tato měření Zeissovy theodolity Theo 010. Menší průměr horizontálního kruhu těchto strojů (84 mm) v porovnání s theodolity typu Wild T3 (140 a 135 mm) se zřejmě projeví v poněkud horší vnitřní přesnosti měřeného azimutu. Avšak tento nedostatek by mohl být vyvážen značným omezením přístrojové chyby, poněvadž theodolit Theo 010 umožňuje zavádět opravy ze sklonu horizontální osy čtením sázecí libely, jejíž citlivost $10''$ by mohla být pro tento účel rovněž postačující.

Závěrem děkuji inž. mjr. Ladislavu Štěpánovi a čet. abs. inž. Zdislavu Chodurovi, kteří se se mnou podíleli na měřických a výpočetních pracích, nezbytných pro řešení tohoto úkolu.

Literatura:

- [1] Lukeš, L.: Základy geodetické astronomie, SNTL, Praha 1954.
- [2] Опти́ческий теодолит OT-02. Экспериментальный оптико-механический завод ЦНИГАиК, Москва.
- [3] Prachař, J.: Měření geodetických severníků a astronomických azimutů orientačních směrů na bodech čs. státní trigonometrické sítě. VTO 2/61.
- [4] Směrnice pro budování zařízení na bodech čs. státní trigonometrické sítě. MNO, ÚSGK, Praha 1962.

Transformace souřadnic bodu z místního pravoúhlého prostorového systému do geocentrického*) nebo jiného místního systému

Úvod

V poslední době se na stránkách odborných geodetických časopisů objevují pojednání o trojrozměrné geodézii. Trojrozměrná geodézie se snaží řešit základní úlohu vyšší geodézie - určit skutečný tvar Země.

V metodice řešení se opírá o myšlenky vyslovené Brunsem v r. 1878, kde se podle [1] říká: „Spojíme-li přímými čarami všechny body trigonometrické sítě obepínající celý povrch Země, dostaneme polyedr; určíme-li souřadnice jeho jednotlivých vrcholů v prostorovém pravoúhlém souřadnicovém systému a směry tížnic v každém vrcholu, bude tím tvar Země jednoznačně určen“. Měřenými veličinami v polyedru podle [2] jsou: horizontální úhly, respektive astronomické azimuty, zenitové vzdálenosti, astronomické zeměpisné šířky a délky a vzdálenosti. Těmito veličinami je polyedr přeuračen a na základě vyrovnávacího počtu lze určit neznámé: geocentrické pravoúhlé souřadnice a vyrovnané hodnoty astronomické šířky a délky nebo geodetické zeměpisné souřadnice, elipsoidické výšky a astronomické souřadnice.

Hlavní potíž při tomto způsobu řešení základní geodetické úlohy je v odstranění nepříznivého vlivu refrakce, která znehodnocuje výškové úhly, zvláště při dlouhých záměrech. Aby byl nepříznivý vliv refrakce zeslaben nebo odstraněn, uvažuje se o použití nových měřických postupů, jako např. měření na družice, stelární triangulace, nebo využití nových teoretických prací, např. Moloděnského vztahu, určujícího rozdíl elipsoidických výšek mezi dvěma body zemského povrchu, nebo konečně se navrhuje vhodné postupy vyrovnání.

Význam trojrozměrné geodézie však nespočívá jen v řešení zmíněné základní geodetické úlohy, ale její metodiky i prostředků se dá využít při řešení celé řady praktických geodetických úloh, např. z oboru radiogeodézie při určování polohy těles v prostoru.

Ukázkou takovéto aplikace je úloha řešená pro potřeby řízení letecké dopravy; lze ji obecně formulovat takto:

V místě A zemského povrchu je instalováno telemetrické zařízení, schopné měřit zenitovou vzdálenost, azimut a dálku k vzdušnému cíli P. Totéž zařízení je instalováno v bodě B, na jiném místě zemského povrchu. Má se určit poloha vzdušného cíle v určitém okamžiku v místním pravoúhlém prostorovém souřadnicovém systému s počátkem v bodě A, popř. v bodě B a v pravoúhlém systému geocentrickém. Dále máme sestavit transformační rovnice pro převod souřadnic cíle z jednoho místního systému do druhého místního systému.

Počátek geocentrického systému položíme do středu zvolené referenční plochy a orientujeme jej tak, že osa Z leží v rotační ose referenční plochy. Osu X umístíme do průsečnice roviny nultého poledníku s rovinou rovníku a osa Y bude směřovat k východu.

Místní systém bude mít počátek v místě pozorování, osa z bude normálou k referenční ploše, osa y bude ležet v rovině místního poledníku a bude směřovat k severu, osa x k východu.

V kapitole I předpokládejme, že telemetrické zařízení není schopno měřit úhly s takovou přesností jako theodolity a vzdálenosti s takovou přesností jako rádiové dálkoměry. Za tohoto předpokladu nemusíme naměřené veličiny opravovat o vliv refrakce a tížnicových odchylek. I když bychom se v trojrozměrné geodézii teoreticky obešli bez referenční plochy, musíme ji v praxi uvažovat z toho prostého důvodu, poněvadž polohu bodů udáváme v souřadnicích vztahených k zavedené referenční ploše.

V I. kapitole je daná úloha řešena s použitím sférických (polárních) souřadnic vztahených ke kulové ploše centrické a souosé se zavedenou referenční plochou elipsoidickou; to znamená, že v praxi užívané geodetické zeměpisné souřadnice, například stanoviště, bychom museli napřed

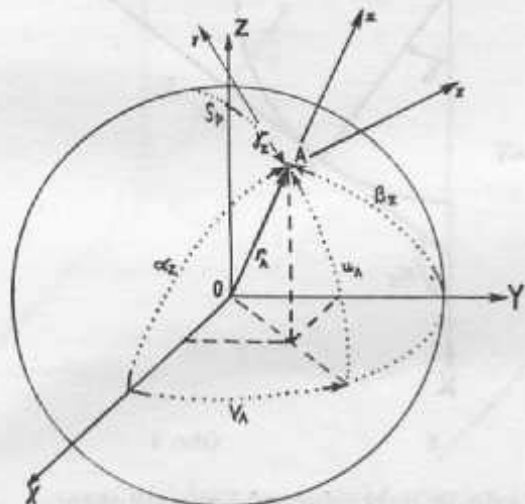
*) Pod pojmem geocentrický systém se v článku rozumí systém, vázaný na střed referenční plochy.

vhodným způsobem převést na zmíněné sférické souřadnice. Ve druhé kapitole je úloha řešena s přímým použitím geodetických zeměpisných souřadnic a referenčního elipsoidu s přihlédnutím k vlivu tížnicových odchylek.

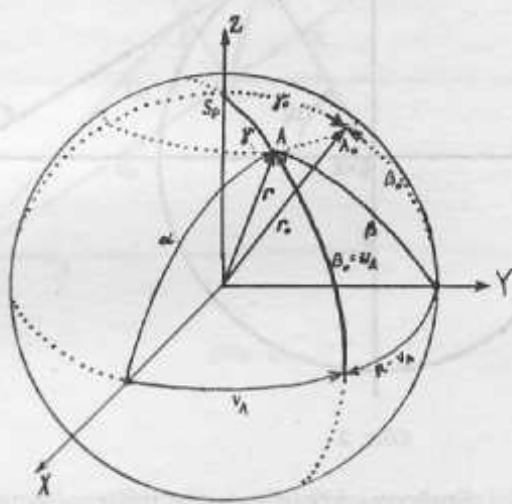
I.

1. Výpočet geocentrických pravoúhlých souřadnic stanoviště A z jeho sférických souřadnic a určení směrových kosinů polohového vektoru bodu A

Zvolíme-li geocentrický pravoúhlý souřadnicový systém ve vztahu k sférickému souřadnicovému systému, který je patrný z obr. 1, můžeme pravoúhlé souřadnice bodu A vyjádřit ihned pomocí souřadnic sférických:



Obr. 1



Obr. 2.

$$\begin{aligned} X_A &= r_A \cos u_A \cos v_A \\ Y_A &= r_A \cos u_A \sin v_A \\ Z_A &= r_A \sin u_A \end{aligned} \quad (1)$$

Směrové kosiny polohového vektoru r_A , ležícího v ose z , pak budou:

$$\begin{aligned} \cos \alpha_x &= \cos u_A \cos v_A ; \cos \beta_x = \cos u_A \sin v_A \\ \cos \gamma_x &= \sin u_A \end{aligned} \quad (2)$$

2. Volba místního souřadnicového systému, směrové kosiny jeho os v sořadnicovém geocentrickém systému a souřadnice cíle P v místním systému.

Na obr. 1 je nakreslen zvolený místní souřadnicový systém s počátkem v bodě A . Osa x směřuje k východu, osa y je tečnou k místnímu poledníku a směřuje k severu, osa z je normálou ke kulové ploše.

Směrové kosiny os místního souřadnicového systému můžeme určit podle pouček diferenciální geometrie nebo v případě rotační plochy, vzniklé rotací křivky kolem osy Z , můžeme směrové kosiny tečny k místnímu poledníku určit jednodušeji, odvodíme-li si vztah, určující, jak se změní směrové kosiny vektoru ležícího v rovině YZ , např. r_0 , při jeho otočení kolem osy Z o úhel $R - v_A$ (obráz. 2).

Řešením pravoúhlého sférického trojúhelníka dostáváme:

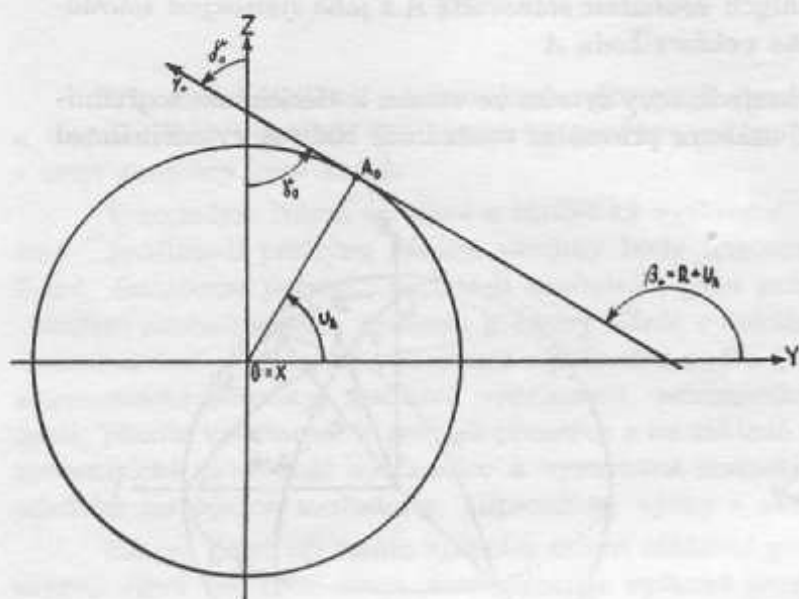
$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \cos v_A \cos \beta_0 \\ \cos \beta &= \sin v_A \cos \beta_0 \\ \cos \gamma &= \cos \gamma_0 \end{aligned} \quad (3)$$

Přetočíme-li místní poledník bodu A o úhel $R - v_A$ do roviny YZ , přejde bod A do A_0 a osa y místního systému do y_0 , přičemž bude svírat s osami X, Y, Z , úhly:

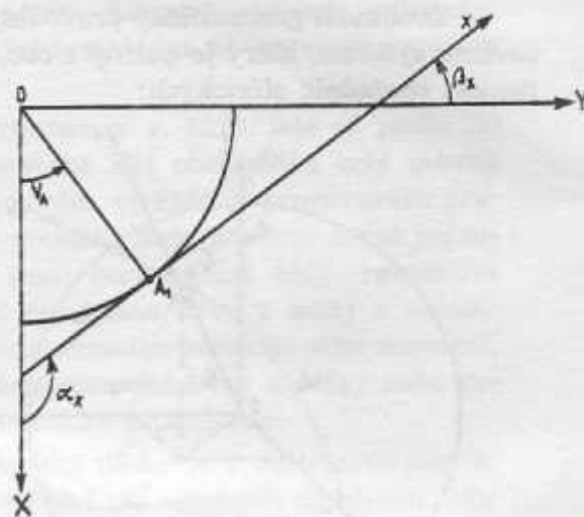
$$\alpha_0 = R ; \beta_0 = R + u_A ; \gamma_0 = u_A$$

Po zpětném přetočení poledníku do roviny bodu A budou směrové kosiny osy y podle (3):

$$\begin{aligned}\cos \alpha_y &= -\cos v_A \sin u_A \\ \cos \beta_y &= -\sin v_A \sin u_A \\ \cos \gamma_y &= \cos u_A\end{aligned}\quad (4)$$



Obr. 3



Obr. 4

Směrové kosiny osy x určíme ihned z obr. 4, kde je nakreslen půdorys situace:

$$\begin{aligned}\cos \alpha_x &= -\sin v_A \\ \cos \beta_x &= \cos v_A \\ \cos \gamma_x &= 0\end{aligned}\quad (5)$$

Rovnicemi (2), (4) a (5) jsou tedy určeny směrové kosiny os x, y, z v souřadnicovém systému X, Y, Z .

Souřadnice cíle P , jenž byl zaměřen v místním pravoúhlém systému A, x, y, z pomocí zenitové vzdálenosti \bar{z} , azimutu \bar{A} a vzdálenosti r_{AP} , budou podle obr. 5:

$$\begin{aligned}x_P &= r_{AP} \sin \bar{z} \sin \bar{A} \\ y_P &= r_{AP} \sin \bar{z} \cos \bar{A} \\ z_P &= r_{AP} \cos \bar{z}\end{aligned}\quad (6)$$

3. Transformace souřadnic bodu P z místního systému do geocentrického a naopak

Podle obr. 6 bude polohu bodu P v geocentrickém systému udávat polohový vektor r_{OP} , pro který, po zavedení jednotkových vektorů $\mathbf{I}, \mathbf{J}, \mathbf{K}$ na osách geocentrického systému a $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ na osách místního systému, bude platit rovnice:

$$\begin{aligned}\mathbf{r}_{OP} &= \mathbf{r}_{OA} + \mathbf{r}_{AP}, \text{ čili} \\ X_P \mathbf{I} + Y_P \mathbf{J} + Z_P \mathbf{K} &= X_A \mathbf{I} + Y_A \mathbf{J} + Z_A \mathbf{K} + x_P \mathbf{i} + y_P \mathbf{j} + z_P \mathbf{k}\end{aligned}$$

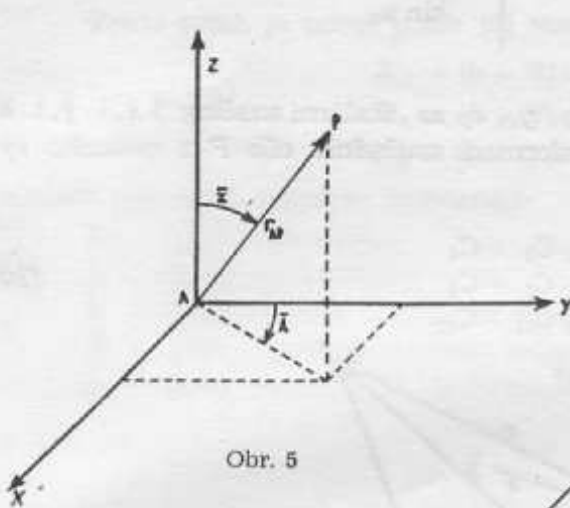
Po úpravě této rovnice a postupným vynásobením jednotkovými vektory $\mathbf{I}, \mathbf{J}, \mathbf{K}$ dostaneme tři rovnice:

$$\begin{aligned}X_P - X_A &= x_P \mathbf{i} \cdot \mathbf{I} + y_P \mathbf{j} \cdot \mathbf{I} + z_P \mathbf{k} \cdot \mathbf{I} \\ Y_P - Y_A &= x_P \mathbf{i} \cdot \mathbf{J} + y_P \mathbf{j} \cdot \mathbf{J} + z_P \mathbf{k} \cdot \mathbf{J} \\ Z_P - Z_A &= x_P \mathbf{i} \cdot \mathbf{K} + y_P \mathbf{j} \cdot \mathbf{K} + z_P \mathbf{k} \cdot \mathbf{K}\end{aligned}\quad (7)$$

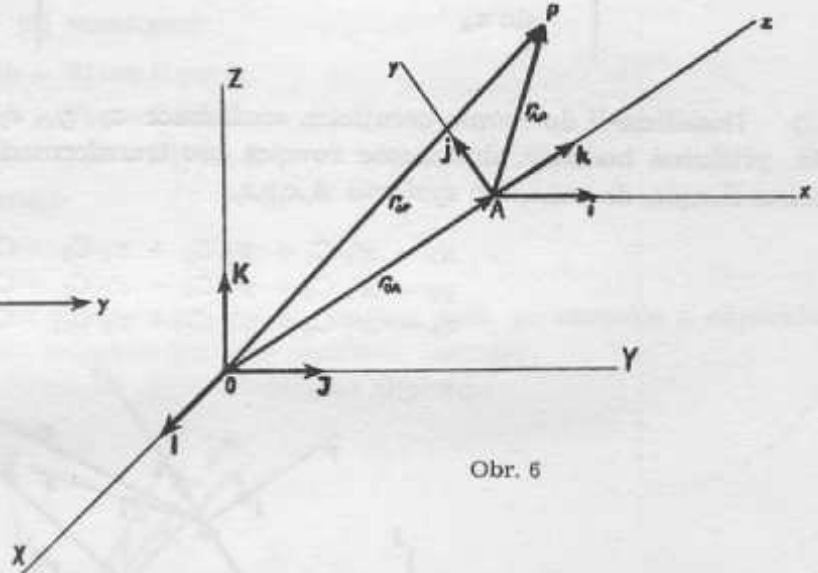
Skalární součiny jednotkových vektorů v rovnicích (7) jsou směrovými kosiny os x, y, z , vzhledem k systému O, X, Y, Z . Dosadíme-li tedy za ně z rovnic (2), (4), (5) příslušné hodnoty,

dostaneme transformační rovnice pro převod souřadnic cíle z místního systému do geocentrického systému:

$$\begin{aligned} X_P - X_A &= -x_P \sin v_A - y_P \sin u_A \cos v_A + z_P \cos u_A \cos v_A \\ Y_P - Y_A &= x_P \cos v_A - y_P \sin u_A \sin v_A + z_P \cos u_A \sin v_A \\ Z_P - Z_A &= y_P \cos u_A + z_P \sin u_A \end{aligned} \quad (8)$$



Obr. 5



Obr. 6

Inverzí získáme analogické rovnice pro transformaci souřadnic bodu P z geocentrického systému do místního systému:

$$\begin{aligned} x_P &= -(X_P - X_A) \sin v_A + (Y_P - Y_A) \cos v_A \\ y_P &= -(X_P - X_A) \sin u_A \cos v_A + (Y_P - Y_A) \sin u_A \sin v_A + \\ &\quad + (Z_P - Z_A) \cos u_A \\ z_P &= -(X_P - X_A) \cos u_A \cos v_A - (Y_P - Y_A) \cos u_A \sin v_A + \\ &\quad + (Z_P - Z_A) \sin u_A \end{aligned} \quad (9)$$

4. Transformace souřadnic cíle P z místního systému B, x', y', z' do místního systému A, x, y, z

Transformaci můžeme provést pomocí transformačních rovnic (8) a (9), čili transformaci přes geocentrické souřadnice nebo přímo. Podle obr. 7 můžeme psát vektorové rovnice:

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_{OP} &= \mathbf{r}_{OA} + \mathbf{r}_{AP} \\ \mathbf{r}_{OP} &= \mathbf{r}_{OB} + \mathbf{r}_{BP} \\ \mathbf{r}_{OA} + \mathbf{r}_{AP} &= \mathbf{r}_{OB} + \mathbf{r}_{BP} \end{aligned}$$

Rozepíšeme-li tuto rovnici do složek, dostaneme po úpravě:

$$x_P \mathbf{i} + y_P \mathbf{j} + z_P \mathbf{k} = x'_P \mathbf{i}' + y'_P \mathbf{j}' + z'_P \mathbf{k}' + (X_B - X_A) \mathbf{I} + (Y_B - Y_A) \mathbf{J} + (Z_B - Z_A) \mathbf{K}$$

Uvedenou rovnici opět vynásobíme postupně jednotkovými vektory $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$; obdržíme rovnice určující x_P, y_P, z_P .

Hodnoty skalárních součinů $\mathbf{i} \cdot \mathbf{I}, \mathbf{i} \cdot \mathbf{J}, \mathbf{i} \cdot \mathbf{K}$ atd. již známe z řešení rovnic (7), zbývá tedy určit skalární součiny $\mathbf{i} \cdot \mathbf{i}', \mathbf{i} \cdot \mathbf{j}', \mathbf{i} \cdot \mathbf{k}'$ atd.

Poněvadž souřadnicemi jednotkových vektorů jsou jejich směrové kosiny v téže soustavě, budou souřadnice vektorů $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}, \mathbf{i}', \mathbf{j}', \mathbf{k}'$ v soustavě $\mathbf{I}, \mathbf{J}, \mathbf{K}$ mít hodnoty odpovídající rovnicím (2), (4), (5) (s příslušnými indexy):

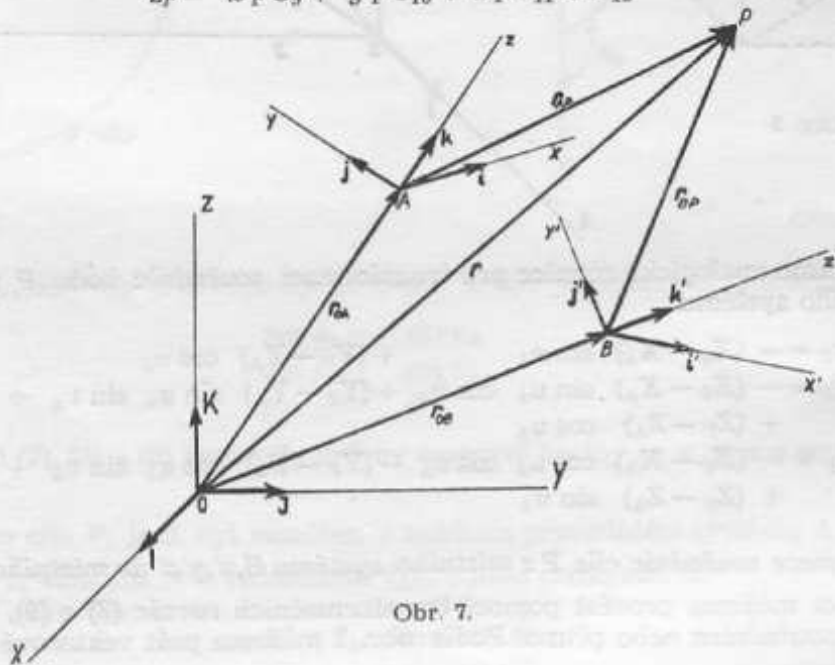
$$\mathbf{i} \begin{cases} -\sin v_A \\ \cos v_A \\ 0 \end{cases} \quad \mathbf{i}' \begin{cases} -\sin v_B \\ \cos v_B \\ 0 \end{cases}$$

$$\mathbf{j} \begin{cases} -\sin u_A \cos v_A \\ -\sin u_A \sin v_A \\ \cos u_A \end{cases} \quad \mathbf{j}' \begin{cases} -\sin u_B \cos v_B \\ -\sin u_B \sin v_B \\ \cos u_B \end{cases}$$

$$\mathbf{k} \begin{cases} \cos u_A \cos v_A \\ \cos u_A \sin v_A \\ \sin u_A \end{cases} \quad \mathbf{k}' \begin{cases} \cos u_B \cos v_B \\ \cos u_B \sin v_B \\ \sin u_B \end{cases}$$

Dosadíme-li do rovnic určujících souřadnice x_P, y_P, z_P za skalární součiny $\mathbf{i}, \mathbf{i}', \mathbf{j}, \mathbf{j}', \mathbf{k}, \mathbf{k}'$ atd. příslušné hodnoty, dostaneme rovnice pro transformaci souřadnic cíle P z místního systému B, x, y, z , do místního systému A, x', y', z' :

$$\begin{aligned} x_P &= x'_P C_1 + y'_P C_2 + z'_P C_3 + C_4 \\ y_P &= x'_P C_5 + y'_P C_6 + z'_P C_7 + C_8 \\ z_P &= x'_P C_9 + y'_P C_{10} + z'_P C_{11} + C_{12} \end{aligned} \quad (10)$$



Obr. 7.

Koeficienty C_1 až C_{12} budou pro dvě pevná stanoviště konstantní a budou funkcí pouze jejich polohy:

$$\begin{aligned} C_1 &= \sin v_A \sin v_B \cos v_A \cos v_B \\ C_2 &= \sin v_A \sin u_B \cos v_B - \cos v_A \sin u_B \sin v_B \\ C_3 &= -\sin v_A \cos u_B \cos v_B + \cos v_A \cos u_B \sin v_B \\ C_4 &= -(X_B - X_A) \sin v_A + (Y_B - Y_A) \cos v_A \\ C_5 &= \sin u_A \cos v_A \sin v_B - \sin u_A \sin v_A \cos v_B \\ C_6 &= \sin u_A \cos v_A \sin u_B \cos v_B + \sin u_A \sin v_A \sin u_B \sin v_B + \cos u_A \cos u_B \\ C_7 &= -\sin u_A \cos v_A \cos u_B \cos v_B + \sin u_A \sin v_A \cos u_B \sin v_B + \cos u_A \sin u_B \\ C_8 &= -(X_B - X_A) \sin u_A \cos v_A - (Y_B - Y_A) \sin u_A \sin v_A + (Z_B - Z_A) \cos u_A \\ C_9 &= -\cos u_A \cos v_A \sin v_B + \cos u_A \sin v_A \cos v_B \\ C_{10} &= -\cos u_A \cos v_A \sin u_B \cos v_B - \cos u_A \sin v_A \sin u_B \sin v_B + \sin u_A \cos u_B \\ C_{11} &= \cos u_A \cos v_A \cos u_B \cos v_B + \cos u_A \sin v_A \cos u_B \sin v_B + \sin u_A \sin u_B \\ C_{12} &= (X_B - X_A) \cos u_A \cos v_A + (Y_B - Y_A) \cos u_A \sin v_A + (Z_B - Z_A) \sin u_A \end{aligned} \quad (11)$$

II.

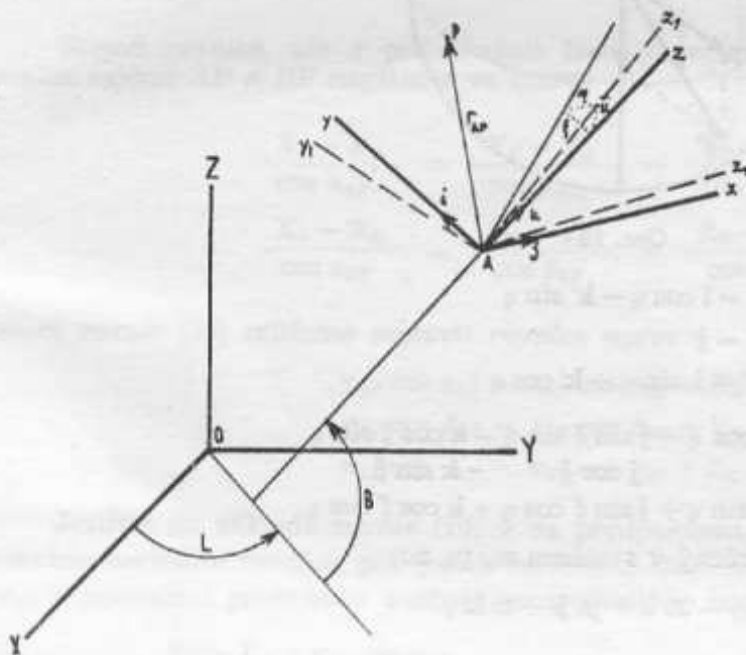
1. Jestliže bychom danou úlohu chtěli řešit s použitím geodetických zeměpisných souřadnic stanoviště A a B za předpokladu, že máme k dispozici prostředky, kterými lze zaměřit polohu cíle s přesností v geodézii obvyklou, postupovali bychom obdobným způsobem jako v případě sférických souřadnic, museli bychom však uvážit vztah mezi pravoúhlými prostorovými souřadnicemi, vztaženými k systému s počátkem ve středu referenčního elipsoidu a geodetickými zeměpisnými souřadnicemi.

Tento vztah je určen podle [2] rovnicemi:

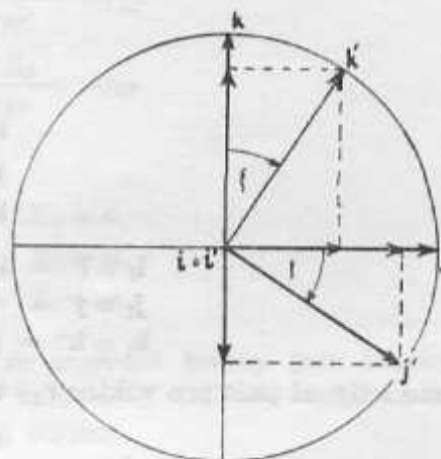
$$\begin{aligned} X_A &= (h + N) \cos B \cos L \\ Y_A &= (h + N) \cos B \sin L \\ Z_A &= [h + N(1 - e^2)] \sin B, \end{aligned} \quad (12)$$

v nichž jednotlivá označení znamenají:

- B – geodetickou šířku,
- L – geodetickou délku,
- h – elipsoidickou výšku (převýšení bodu nad elipsoidem, měř. po normále k elipsoidu).
- N – příčný poloměr křivosti, odpovídající patě spuštěné normály,
- e – první excentricitu meridiánové elipsy zvoleného elipsoidu.



Obr. 8.



Obr. 9

Elipsoidickou výšku h můžeme počítat v naší soustavě, v praxi zavedené, jako součet normální výšky a výšky kvazigeoidu.

Směrové kosiny os místního souřadnicového systému by odpovídaly směrovým kosinům vyplývajícím z rovnic (2), (4) a (5), avšak místo u , v bychom psali B , L .

Vlivem tížnicové odchylky u v místě pozorování však není obecně místní souřadnicový systém orientován tak, jak jsme předpokládali.

V rovině yz (místního poledníku) bude místní systém pootočen o úhel rovný složce ξ tížnicové odchylky, v rovině na ni kolmé (v I. vertikálu) bude pootočen o úhel rovný složce η (obr. 8)

To znamená, že ve skutečnosti bod P zaměřujeme v tzv. astronomickém místním souřadnicovém systému; tím i polohový vektor r_{AP} bodu P je určen v tomto systému. Abychom mohli pro transformaci používat dříve odvozených rovnic, musíme vyjádřit vektor r_{AP} v geodetickém místním pravoúhlém systému (orientovaném podle normály k elipsoidu), popř. určit souřadnice bodu P v tomto systému.

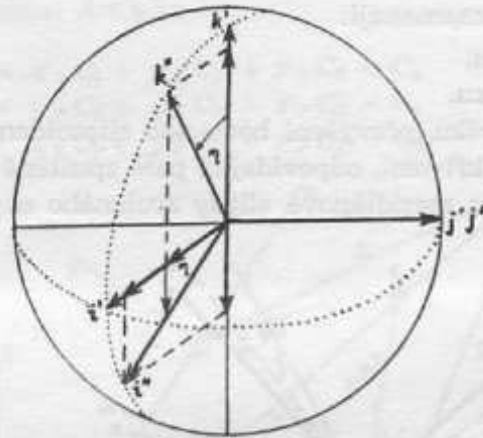
Označme geodetický místní pravouhý systém x, y, z (s jednotkovými vektory $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$) a astronomický systém x_1, y_1, z_1 (s jednotkovými vektory $\mathbf{i}_1, \mathbf{j}_1, \mathbf{k}_1$).

Uvažujme napřed pootočení geodetického systému $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ o složku tížnicové odchylky v rovině $\mathbf{j}\mathbf{k}$, tedy kolem vektoru \mathbf{i} (obr. 9).

Vznikne systém $\mathbf{i}', \mathbf{j}', \mathbf{k}'$, který můžeme vyjádřit pomocí $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$:

$$\begin{aligned}\mathbf{i}' &= \mathbf{i} \\ \mathbf{j}' &= \mathbf{j} \cos \xi - \mathbf{k} \sin \xi \\ \mathbf{k}' &= \mathbf{j} \sin \xi + \mathbf{k} \cos \xi\end{aligned}$$

Dále uvažujme pootočení systému $\mathbf{i}', \mathbf{j}', \mathbf{k}'$ o úhel η kolem vektoru \mathbf{j}' . Dostáváme systém $\mathbf{i}'', \mathbf{j}'', \mathbf{k}''$ (obr. 10), který lze vyjádřit pomocí $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$:



Obr. 10

$$\begin{aligned}\mathbf{i}'' &= \mathbf{i} \cos \eta - \mathbf{k}' \sin \eta \\ \mathbf{j}'' &= \mathbf{j}' \\ \mathbf{k}'' &= \mathbf{i} \sin \eta + \mathbf{k}' \cos \eta\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{i}_1 \equiv \mathbf{i}'' &= \mathbf{i} \cos \eta - \mathbf{j} \sin \xi \sin \eta - \mathbf{k} \cos \xi \sin \eta \\ \mathbf{j}_1 \equiv \mathbf{j}'' &= \mathbf{j} \cos \xi - \mathbf{k} \sin \xi \\ \mathbf{k}_1 \equiv \mathbf{k}'' &= \mathbf{i} \sin \eta + \mathbf{j} \sin \xi \cos \eta + \mathbf{k} \cos \xi \cos \eta\end{aligned}$$

Můžeme tedy už psát pro vektor \mathbf{r}_{AP} určený v systému x_1, y_1, z_1 :

$$\mathbf{r}_{AP} = x_1 \mathbf{i}_1 + y_1 \mathbf{j}_1 + z_1 \mathbf{k}_1,$$

že se též rovná:

$$\begin{aligned}\mathbf{r}_{AP} &= x_1 (\mathbf{i} \cos \eta - \mathbf{j} \sin \xi \sin \eta - \mathbf{k} \cos \xi \sin \eta) + \\ &+ y_1 (\mathbf{j} \cos \xi - \mathbf{k} \sin \xi) + \\ &+ z_1 (\mathbf{i} \sin \eta + \mathbf{j} \sin \xi \cos \eta + \mathbf{k} \cos \xi \cos \eta)\end{aligned}$$

a po úpravě:

$$\begin{aligned}\mathbf{r}_{AP} &= (x_1 \cos \eta + z_1 \sin \eta) \mathbf{i} + \\ &+ (-x_1 \sin \xi \sin \eta + y_1 \cos \xi + z_1 \sin \xi \cos \eta) \mathbf{j} + \\ &+ (-x_1 \cos \xi \sin \eta - y_1 \sin \xi + z_1 \cos \xi \cos \eta) \mathbf{k}\end{aligned}$$

Poněvadž úhly ξ a η jsou velmi malé (většinou do $10''$), můžeme psát s relativní přesností alespoň 10^{-7} :

$$\mathbf{r}_{AP} = (x_1 + z_1 \frac{\eta''}{\rho''}) \mathbf{i} + (y_1 + z_1 \frac{\xi''}{\rho''}) \mathbf{j} + (-x_1 \frac{\eta''}{\rho''} - y_1 \frac{\xi''}{\rho''} + z_1) \mathbf{k}, \quad (13)$$

Koeficienty při $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ jsou pak souřadnice bodu P v systému x, y, z .

2. Dosud jsme předpokládali, že bod P byl zaměřován ze stanoviště A nebo ze stanoviště B .

Jestliže by bod P byl zaměřován pouze z jednoho stanoviště, neměli bychom žádnou měřickou ani početní kontrolu. Bude tedy třeba v praxi měřit vždy ze dvou stanovišť, čili přejít od určení polohy bodu prostorovým rajónem k protorovému protínání vpřed, které však bude za předpokladu, že byly změřeny azimuty, zenitové vzdálenosti a délky rajónů, přeurčeno, čili naskýtá se možnost vyrovnání. Aplikujeme-li způsob vyrovnání podle [3] na naše řešení, postupovali bychom takto:

a) určíme směrové kosiny rajónů $AP = r_{AP}$ a $BP = r_{BP}$ pomocí pravoúhlých geocentrických souřadnic krajních bodů s využitím rovnic (6) a (8), kde ovšem místo u a v budeme psát B a L :

$$\begin{aligned}\cos \alpha_{AP} &= \frac{X_P - X_A}{r_{AP}} = -\sin \bar{z} \sin \bar{A} \sin L_A - \sin \bar{z} \cos \bar{A} \sin B_A \cos L_A + \cos \bar{z} \cos B_A \cos L_A + \\ &\quad + \cos \bar{z} \cos B_A \cos L_A \\ \cos \beta_{AP} &= \frac{Y_P - Y_A}{r_{AP}} = \sin \bar{z} \sin \bar{A} \cos L_A - \sin \bar{z} \cos \bar{A} \sin B_A \sin L_A + \cos \bar{z} \cos B_A \sin L_A + \\ &\quad + \cos \bar{z} \cos B_A \sin L_A \\ \cos \gamma_{AP} &= \frac{Z_P - Z_A}{r_{AP}} = \sin \bar{z} \cos \bar{A} \cos B_A + \cos \bar{z} \sin B_A\end{aligned}\quad (14)$$

Stejně rovnice, ale s příslušnými indexy napíšeme pro rajón BP .
Rovnice rajónu AP a BP napíšeme ve tvaru:

$$\begin{aligned}\frac{X_P - X_A}{\cos \alpha_{AP}} &= \frac{Y_P - Y_A}{\cos \beta_{AP}} = \frac{Z_P - Z_A}{\cos \gamma_{AP}} = r_{AP} \\ \frac{X_P - X_B}{\cos \alpha_{BP}} &= \frac{Y_P - Y_B}{\cos \beta_{BP}} = \frac{Z_P - Z_B}{\cos \gamma_{BP}} = r_{BP}\end{aligned}\quad (15)$$

Pomocí rovnic (15) můžeme sestavit rovnice oprav:

$$\begin{aligned}r_{AP} \cos \alpha_{AP} - r_{BP} \cos \alpha_{BP} + X_A - X_B &= v_x \\ r_{AP} \cos \beta_{AP} - r_{BP} \cos \beta_{BP} + Y_A - Y_B &= v_y \\ r_{AP} \cos \gamma_{AP} - r_{BP} \cos \gamma_{BP} + Z_A - Z_B &= v_z\end{aligned}\quad (16)$$

Jestliže na základě rovnic (16) a za předpokladu, že směrové kosiny jsou bezchybné, sestavíme normální rovnice, pak jejich řešením dostaneme vyrovnané hodnoty vzdáleností r_{AP} a r_{BP} a pravoúhlé prostorové souřadnice určovaného bodu budou:

$$\begin{aligned}X_P &= X_A + r_{AP} \cos \alpha_{AP} & X_P &= X_B + r_{BP} \cos \alpha_{BP} \\ Y_P &= Y_A + r_{AP} \cos \beta_{AP} & Y_P &= Y_B + r_{BP} \cos \beta_{BP} \\ Z_P &= Z_A + r_{AP} \cos \gamma_{AP} & Z_P &= Z_B + r_{BP} \cos \gamma_{BP}\end{aligned}$$

Z odpovídajících si výsledků bychom vzali aritmetický průměr.

3. Poněvadž jsme zvyklí udávat souřadnice cílů v zeměpisných geodetických souřadnicích, bude nás zajímat, jakým způsobem obdržíme z pravoúhlých geocentrických souřadnic, souřadnice zeměpisné.

Vzájemným vydělením prvních dvou rovnic (12) dostaneme ihned zeměpisnou délku:

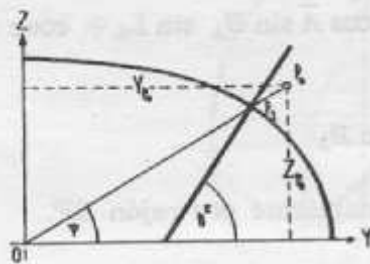
$$\operatorname{tg} L_P = \frac{Y_P}{X_P}$$

Pro výpočet geodetické zeměpisné šířky je třeba volit způsob postupného přibližování. Vysvětleme si blíže způsob řešení dané úlohy, naznačený v [3], kde jsou uvedeny pouze výsledné vzorce.

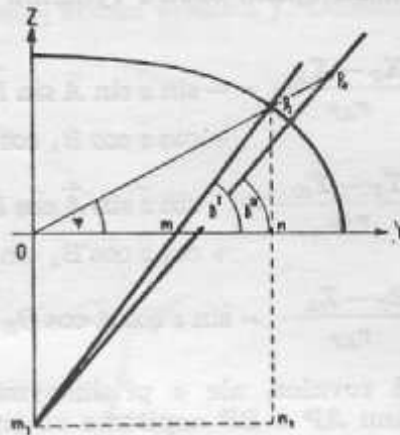
Na obr. 11 je nakreslena meridiánová elipsa, příslušná rovině poledníku bodu P , přetočená o úhel $R-L$, tedy do roviny YZ . Novou polohu bodu P označíme P_0 .
Bude platit:

$$\begin{aligned} X_{P_0} &= 0 \\ Y_{P_0} &= \frac{Y_P}{\sin L_P} = \frac{X_P}{\cos L_P} \\ Z_{P_0} &= Z_P \end{aligned}$$

(Při výpočtu Y_0 použijeme výrazu s větším jmenovatelem).



Obr. 11.



Obr. 12.

V rovnicích (12) položíme $h = 0$ a uvážíme-li, že $e^2 = \frac{e^2}{1 - e^2}$ dostaneme pro zeměpisnou šířku v prvním přiblížení:

$$\operatorname{tg} B^I = (1 + e^2) \frac{Z_P}{Y_{P_0}},$$

což je vlastně známý výraz pro převod geodetické šířky ($\operatorname{tg} \psi = \frac{Z_P}{Y_{P_0}}$).

Ve druhém přiblížení použijeme vztahů vyplývajících z obr. 12.

$$\begin{aligned} \text{Jestliže } P_1 m &= N^I (1 - e^2), \\ P_1 n &= N^I (1 - e^2) \sin B^I, \\ P_1 n_1 &= N^I \sin B^I, \end{aligned}$$

$$\text{pak } \Delta I_P = n n_1 = P_1 n_1 - P_1 n = N^I e^2 \sin B^I$$

$$\operatorname{tg} B^{II} = \frac{Z_{P_0} + \Delta I_P}{Y_{P_0}}$$

Pro snadné určení veličin N a Δ je třeba sestavit tabulky.

Ve třetím a posledním přiblížení už dostaneme geodetickou šířku bodu P s dostatečnou přesností ze vztahu:

$$\operatorname{tg} B^{III} = \frac{Z_P + \Delta^{II}_P}{Y_{P_0}}$$

Převýšení bodu P nad elipsoidem určíme již z jedné z následujících rovnic, vyplývajících z rovnice (12):

$$h_P = \frac{Y_{P_0}}{\cos B_P} - N_P, \text{ když } |B_P| < 45^\circ$$

$$h_P = \frac{Z_P}{\sin B_P} - N_P (1 - e^2), \text{ když } |B_P| > 45^\circ$$

V [3] se doporučuje pro ulehčení početních prací násobit souřadnicové rozdíly v (15) koeficientem 10^{-6} a při výpočtu pravoúhlých prostorových souřadnic z geodetických zeměpisných souřadnic a naopak používat osmimístných tabulek, v ostatních případech se vystačí se šestimístnými tabulkami.

Závěr

Při řešení geodetických úloh na větší vzdálenosti se dosud užívalo způsobů, při nichž bylo výlučně používáno zeměpisných souřadnic pro určení situační polohy bodů a nivelace nebo trigonometrického způsobu určení výšek pro určení výškové. Článek měl ukázat možnosti řešení praktických geodetických úloh pomocí metod používaných v trojrozměrné geodézii, která někdy budou výhodnější než dosavadní způsoby.

Literatura:

- [1] Wolf H.: Dreidimensionale Geodäsie, Herkunft, Methodik und Zielsetzung. ZFV 1963, str. 109-116.
- [2] Wolf H.: Die Grundgleichungen der Dreidimensionalen Geodäsie in elementarer Darstellung. ZFV 1963, str. 225-233.
- [3] Laping K. A.: Vyčíslenie koordinat i vysot toček po izměrennym azimutam normalnych sečenij iuglam naklona chord na dvuch ischodnyh punktach. Izvěstija vysišch učebnyh zavedenij, Geodězija i aerofotosjemka 1962/1.

Inženýr major Vladimír Martinák, CSc VTÚ Dobruška

Některé metody kompenzace reflexních chyb při měření rádiovými dálkoměry

1. Úvod

U současných rádiových dálkoměrů s 10centimetrovou nosnou vlnou (např. GET-B1, MRA-1, MRA-2) se pohybuje vrcholový úhel vyzařovacího kužele okolo 20° . To znamená, že rádiové vlny se šíří nejen přímočaře mezi řídicí a odrazovou stanicí, ale i do stran a při jejich styku s povrchem země nebo s jinými předměty dochází k jejich lomu nebo odrazu od tohoto prostředí. Lomená vlna nemá vliv na měření a nebudeme se jí dále zabývat. Avšak odražené vlny, které prošly různě dlouhými vzdálenostmi, interferují s přímou vlnou a vektorově se sčítají, to znamená sčítají se jejich amplitudy i fáze. U výsledné vlny vznikají odpovídající pozitivní i negativní fázové odchylky vzhledem k fázi nerušeného přímého signálu a jsou příčinou tzv. reflexní chyby ve výsledku měřené vzdálenosti.

2. Kompenzace reflexní chyby změnou nosné frekvence

Matematické vyjádření fázové odchylky β odvodil např. Genike v [1] str. 43

$$\beta \approx - \sum_{i=1}^n J_i \sin 2\pi \frac{\Delta d_i}{\lambda_1} \cos 2\pi \frac{\Delta d_i}{\lambda_{n1}} \quad (1)$$

V rovnici značí:

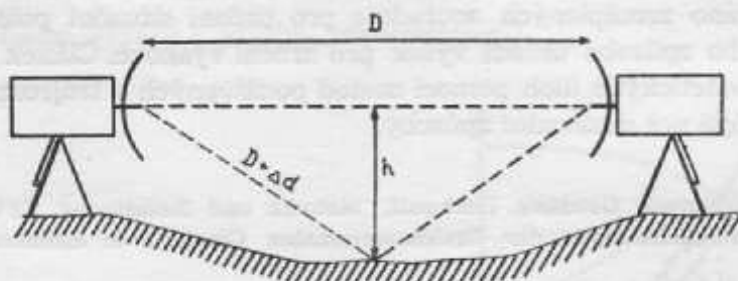
J - koeficient zeslabení signálu odraženého od prostředí;

Δd - rozdíl dráhy přímého a odraženého signálu. V závislosti na vzdálenosti D a výšce paprsku h nad terénem $\Delta d \approx \frac{2h^2}{D}$ (viz obr. 1);

λ - délku modulační vlny (≈ 30 m);

λ_n - délku nosné vlny (≈ 10 cm).

Z uvedeného vztahu vyplývá, že velikost i znaménko fázové odchylky β pro danou vizuru se mění při změně nosné frekvence ω_p , modulační frekvence ω nebo při změně dráhového rozdílu Δd . To znamená, že postupná změna jednoho z těchto parametrů má za následek přibližně harmonickou změnu čtení na fázovém indikátoru (obrazovce). Jestliže se dosáhne při měření plné periody fázových odchylek, potom ve střední hodnotě ze všech čtení fázového indikátoru budou kompenzovány fázové odchylky a tím i reflexní vlivy na výsledek měření.



Obr. 1.

Konstrukce současných rádiových dálkoměrů dovoluje měnit nosnou frekvenci v mezích 10–13 % (u uvedených dálkoměrů přibližně od 2800 do 3200 MHz). Aby se dosáhlo plného cyklu odchylek fázového indikátoru, provádí se měřická série obvykle na 12 nosných frekvencích s určitým frekvenčním intervalem. Tranzitní čas, získaný při měření na těchto frekvencích, se graficky vynáší v závislosti na nosné frekvenci na tzv. reflexní diagram. Při přibližně harmonickém (sinusoidálním) průběhu reflexní křivky se považuje reflexní chyba dané série za dostatečně kompenzovanou.

J. Kelsey v [2] navrhl 4 způsoby výpočtu průměru z tranzitních časů, změřených na 12 nebo více nosných frekvencích:

- aritmetický průměr ze všech získaných tranzitních časů,
- aritmetický průměr jen z hodnot tvořících plné cykly,
- aritmetický průměr z kladných i záporných tranzitních hodnot určených graficky vzhledem k přímce, kolem níž jako osy vytváří reflexní křivka stejné plochy po obou stranách,
- aritmetický průměr ze stejného počtu maxim i minim reflexní křivky.

Bližší popisuje tyto způsoby Genike v [1] a ukazuje, že v Sovětském svazu byly nejpriznivější výsledky získány při prvním z výše uvedených způsobů výpočtu. K podobným závěrům dochází také Delong v [3]. Poněvadž současně jde i o nejjednodušší způsob, používáme jej v praxi také.

Při podrobnější analýze výsledků měření dospívají někteří autoři k vývodům, že při měření rádiovými dálkoměry se vyskytují systematické reflexní chyby nejen v případech, kdy reflexní křivka nemá harmonický tvar, ale i při zcela vyhovujícím jejím sinusoidálním průběhu. Jako příklad uvádíme v tab. 1 vizury, u nichž při vícenásobném opakování měření se systematická reflexní chyba nesnížila a reflexní diagramy měly vyhovující průběh. Vizury byly vedeny z trigonometrického bodu Pecný. Bližší údaje o nich nám poskytl inž. Bořivoj Delong, CSc. V tabulce 1 značí D_e geodetickou vzdálenost, $d = D_e - D_{tel}$ (rozdílly geodeticky určené a teluometrem měřené délky), čísla v závorkách, uvedená za letopočtem, označují měsíce, ve kterých se měření konalo.

B. Delong v [3] rozdělil reflexní chybu na 2 složky:

- proměnnou, která se kompenzuje při harmonickém průběhu reflexní křivky;
- systematickou, která je charakteristická pro některé vizury.

Ke snížení systematické složky doporučuje B. Delong provádět měření v celém rozsahu nosné frekvence.

Tabulka 1

Vizura	Dc, m	Rozdíly d v období		
		1960 (4—5)	1961 (10)	1962 (4—5)
a	1790, 745	- 5,1 cm	- 0,8 cm	-11,0 cm
b	3776, 361	- 6,1 cm	- 5,7 cm	- 8,4 cm
c	5849, 373	+ 6,3 cm	+ 5,1 cm	+ 5,3 cm
d	11819, 265	+15,1 cm	+17,4 cm	—

Na symposiu [4] uvedl Kseminski (PLR) na základě analýzy většího počtu měření, že v 10 až 20 % případů - zejména u kratších délek - se výsledné chyby měřených vzdáleností pohybují okolo trojnásobku uváděné střední chyby ($\pm 5 \text{ cm} + 3 \cdot 10^{-6} D$) nebo jej přesahují.

Genike v [1] shrnuje vývody mnohých autorů a uvádí, že výsledná chyba měřené vzdálenosti, jejíž hlavní složkou zejména u kratších vzdáleností je systematická reflexní chyba, se rovná 8 % velikosti rozptylu jednotlivých tranzitních časů v sérii. Kriticky připomíná, že tento vývod postrádá dostatečné ověření.

Naopak např. Aslakson v [5] ukazuje, že nebyl zjištěn korelační vztah mezi přesností výsledku a velikostí rozptylu tranzitních časů. Při našich měřeních jsme podobný korelační vztah také nezjistili.

Konečné vývody o vlivu reflexní chyby a míře její kompenzace metodou změny nosné frekvence bude možno stanovit až na základě analýzy větších souborů měření. Zatím na podkladě praktických zkušeností definují mnozí autoři - v podstatě shodně - vlastnosti trasy, které zabezpečují, že vzdálenost bude změřena rádiovým dálkoměrem s minimální chybou. Obecně se předpokládá, že na takových trasách by mělo docházet k difúznímu odrazu, jaký nastává od korun stromů, keřů apod. Při navrhování konfigurace délkově měřených sítí se doporučuje přihlížet k těmto požadavkům.

3. Kompenzace reflexní chyby změnou výšky vizury

Z hodnocení požadavků na volbu vhodné vizury i výsledků dosažených při měření rádiovými dálkoměry (metodou změny nosné frekvence) jsme vyvodili tyto závěry:

— Pro účely geodetického zabezpečení vojsk bude nutné v mnohých případech určit s vyhovující přesností délky vizur bez ohledu na to, jsou-li jejich vlastnosti ideální pro měření rádiovými dálkoměry.

— Systematická složka reflexní chyby může nabývat větších hodnot i při harmonickém průběhu reflexní křivky.

— Reflexní křivka může mít monotonně vzestupný či sestupný průběh nebo může být deformována vlivem většího počtu odrazů o různé intenzitě. Výsledek měření vizur s podobnou reflexní charakteristikou může být zatížen značnou systematickou chybou.

Z uvedených hledisek jsme sledovali možnost snížení systematické složky reflexní chyby a to nejen běžně užívanou metodou změny nosné frekvence, ale i vhodnou změnou výšky vizury nad terénem.

Podle vztahu [1] má fázová odchylka pro případ jediného odraženého paprsku absolutní hodnotu

$$\beta = -J_1 \sin 2\pi \frac{\Delta d}{\lambda_1} \cos 2\pi \frac{\Delta d}{\lambda_{n1}} \quad (2)$$

Při postupné změně dráhového rozdílu Δd mezi přímým a odraženým signálem se periodicky mění ve vztahu (2) člen $\cos 2\pi \frac{\Delta d}{\lambda_{n1}}$ a částečně i člen $\sin 2\pi \frac{\Delta d}{\lambda_1}$. Ovšem člen $\sin 2\pi \frac{\Delta d}{\lambda_1}$

se mění poměrně zvolna. Dráhový rozdíl Δd se totiž v praxi může změnit asi do 1 m pomocí vysunutí antény, a uvážíme-li, že $\Delta d \ll \lambda_1$, potom člen $\sin 2\pi \frac{\Delta d}{\lambda_1}$ můžeme považovat za konstantní.

Aby změna fázových odchylek β obsáhla plný cyklus, je nutno změnou výšky vizury změnit dráhový rozdíl Δd na $\Delta d'$ tak, aby vyhovoval vztahu

$$2\pi \frac{\Delta d}{\lambda_{n1}} - 2\pi \frac{\Delta d'}{\lambda_{n1}} = 2\pi ; \quad (3)$$

odtud plyne

$$\Delta d - \Delta d' = \lambda_{n1} . \quad (4)$$

Poněvadž $\Delta d \approx \frac{2h^2}{D}$, můžeme psát

$$\frac{2h^2}{D} - \frac{2(h')^2}{D} \approx \lambda_{n1} . \quad (5)$$

Jestliže vyjádříme změněnou výšku h' vizury jako násobek původní výšky vizury, tj. $h' = x \cdot h$, můžeme vztah (5) vyjádřit

$$2h^2 - 2x^2h^2 \approx D \cdot \lambda_{n1} \quad (6)$$

a po úpravě

$$x \approx \sqrt{1 - \frac{\lambda_{n1}}{\Delta d}} . \quad (7)$$

Vztah (7) vyjadřuje, že výšku vizury h nad terénem je třeba změnit x -krát, aby fázová odchylka β obsáhla jeden plný cyklus.

4. Výsledky praktických měření

Pro sledování vlivu výšky vizury na reflexní chybu měřili jsme délky vizur č. 1., 2. a 3. Tyto vizury jsou vedeny částečně nad zastavěnými plochami, kde lze předpokládat složitější průběh reflexních křivek. Měření jsme prováděli tak, že jedna měřická série byla pozorována na 19 nosných frekvencích (1 série = 19 měřických skupin) a pro jednotlivé série byla měněna výška vizury nad terénem.

Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2, kde D_0 je délka, změřená geodimetrem NASM-2A (délku považujeme prakticky za bezchybnou), D_{rel} je délka určená z jedné nebo více sérií, pozorovaných teluometrem, V_A je průměrná výška antén nad kameny. V poznámce je uvedena výška vizury nad terénem h . Výška h byla určena z mapy tak, že představuje maximální výšku podél celé trasy, ovšem jen z úseků, kde může docházet k odrazu rádiových vln. Neuvažovali jsme tedy převýšení vizury nad „hluchými prostory“, v nichž je odražený signál pohlcován překážkou a nemůže být přijat protilehlou stanicí. Vzhledem k takovému určení pravděpodobné výšky vizury h bude platit pro skutečný dráhový rozdíl Δd vztah $\Delta d \ll \frac{2h^2}{D}$. Odtud vyplývá, že minimální změna výšky vizury, při níž může být dosaženo plného cyklu fázových změn, rovná se $hx - h$.

Grafický průběh reflexních křivek je znázorněn na obr. 2. Na vodorovnou osu grafu je vyneseno tranzitní čas τ , na vodorovnou nosná frekvence podle stupnice teluometru. Jednotlivé série jsou označeny pořadovým číslem podle údajů tabulky 2.

Analýzou výsledků našich měření jsme došli k těmto závěrům:

— Při různých výškách vizur, kterých lze dosáhnout změnou výšky antény, nabývá absolutní chyba vzdálenosti, jejíž hlavní složkou je systematická reflexní chyba, různých hodnot.

Tabulka 2

Poř. čís.	D_e (m)	D_{tel}	Počet skupin	V_A (m)	Poznámka
1	Vizura č. 1	5144,13	2 × 19	1,70	$h = 52$ m (z mapy)
2	5144,16	5144,16	1 × 19	2,70	$\Delta d = 1,05$ m
3		5144,15	1 × 19	3,20	$xh - h = 2,5$ m
4		5144,23	2 × 19	3,70	
55		5144,19	2 × 19	4,20	
6	Vizura č. 2	2349,53	2 × 19	1,07	$h = 22$ m (z mapy)
7	2349,47	2349,49	1 × 19	1,31	$\Delta d = 0,41$ m
8		2349,51	1 × 19	1,58	$xh - h = 2,5$ m
9		2349,35	1 × 19	1,75	
10		2349,40	5 × 19	2,20	
11	Vizura č. 3	12452,90	4 × 19	1,85	
12	12452,90	12452,87	2 × 19	2,85	
13		12452,94	3 × 19	3,85	
14		12452,89	3 × 19	4,35	
15		12452,84	3 × 19	4,85	

— Na grafickém průběhu reflexních křivek nelze pozorovat nějaký markantní rozdíl při změně výšky vizury, poněvadž jednotlivé údaje jsou zatíženy poměrně velkými nahodilými chybami, které jsou způsobeny obtížností vyladění určité nosné frekvence, osobními chybami při čtení fázového rozdílu a jinými, hlavně vnějšími příčinami.

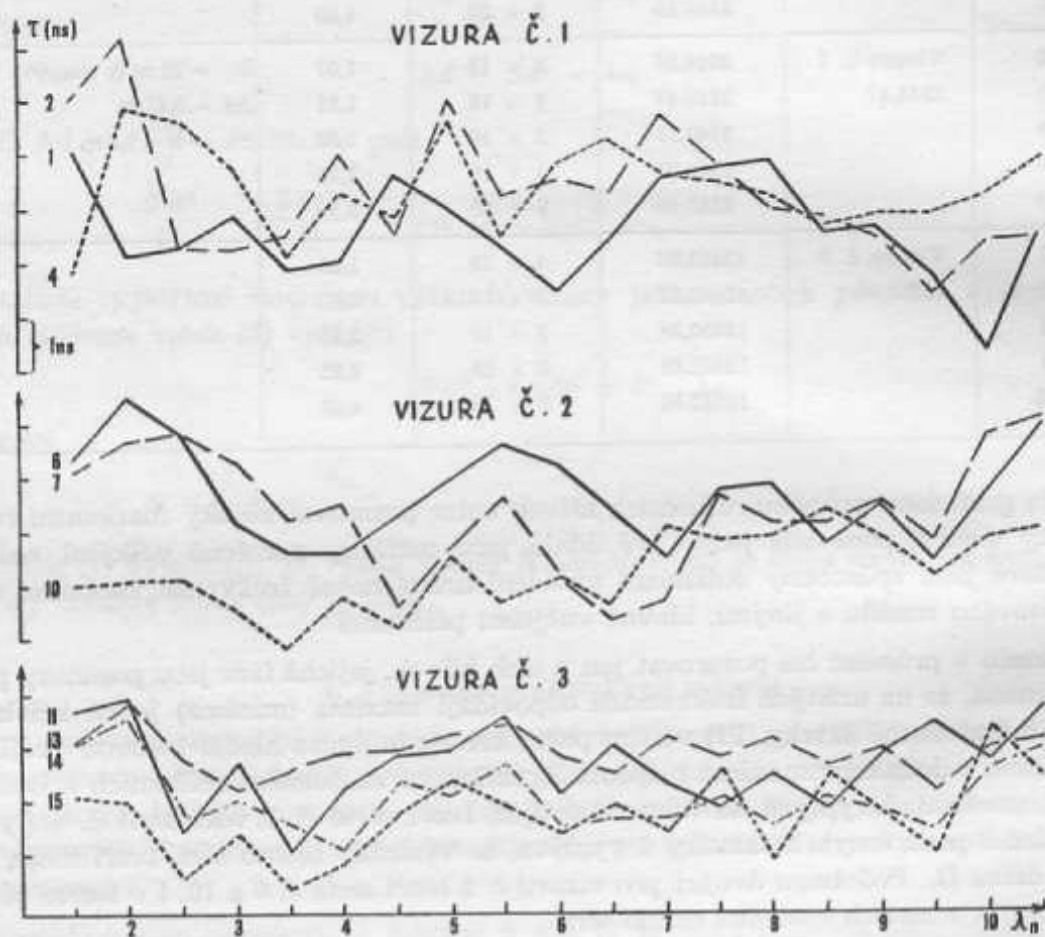
— Rozdíl v průběhu lze pozorovat jen u těch křivek, jejichž fáze jsou posunuty přibližně o π , což znamená, že na určitých frekvencích odpovídají maxima (minima) jedné křivky minimum (maximum) druhé křivky. Při větším počtu křivek je nutno hledat takovou dvojici, u níž k posunu fáze o π dochází v maximu případů. Z grafického znázornění reflexních křivek vizury č. 1 (obr. 2) markantně vyplývá, že takovou dvojici tvoří série č. 1 vůči sérii č. 4 (tyto série jsou v tabulce 2 podtrženy). Z tabulky 2 vyplývá, že výsledky těchto sérií tvoří meze, v nichž je etalonní délka D_e . Podobnou dvojici pro vizuru č. 2 tvoří série č. 6 a 10. I v tomto případě je etalonní délka D_e v mezích výsledků těchto sérií.

Podobný vztah mezi reflexními křivkami jsme nenašli u vizury č. 3. Vysvětlujeme tuto okolnost tím, že u vizury č. 3 prakticky nedochází k intenzivnímu odrazu proto, že ve vzdálenosti asi 500 m od řídicí stanice je nízko pod vizurou pruh listnatého lesa, který vytváří značný hluchý prostor a zabraňuje odrazu signálů od terénu.

5. Návrh metody pro snížení systematické složky reflexní chyby

Podle výsledků našich měření navrhli jsme kombinovanou metodu, zaměřenou na snížení systematické složky reflexní chyby. Metoda se skládá z měření vzdálenosti v několika sériích, přičemž výška vizury se mění od série k sérii. Každá série se pozoruje v celém pásmu nosné frekvence a skládá se z 12–20 skupin. Původní výška antény se postupně zvyšuje (sníží), až se získají takové 2 série, jejichž reflexní křivky mají co největší počet úseků s vzájemným fázovým posunem o π . Počáteční výšku vizury h je třeba změnit o $(hx - h) \cdot 1/2$, což lze provést vysunutím oddělené antény, někdy i pouhou změnou výšky stativu u teluometru, který má pevnou anténu. Koeficient x se určí podle vztahu (7) a výška h podle zásad uvedených v odstavci 4. Další změny výšky vizury je třeba provádět po úsecích nepřevyšujících hodnotu $(hx - h) \cdot 1/5$.

Lze předpokládat, že hledaná (měřená) délka je v mezích výsledných hodnot těch sérií, jejichž reflexní křivky mají fázi vzájemně posunutou přibližně o π . Tato hypotéza vyplývá z následujících předpokladů: Při malé výšce vizury nad terénem, kdy změnou nosné frekvence v celém rozsahu se získá jen monotonní část reflexní křivky, nebo při větším počtu odrazů různé intenzity, kdy získáme různě deformovanou reflexní křivku, je možné změnou výšky vizury dosáhnout na stejných nosných frekvencích i druhé části reflexní křivky, která původně chyběla, nebo byla deformována.



Obr. 2.

Naše hypotéza je ověřena jen malým počtem praktických výsledků. Z tohoto důvodu jsme metodu doporučili na symposiu v Budapešti [4], aby mohla být dále ověřena. V roce 1964 plánujeme přezkoušení navržené metody na čtyřech vizurách uvedených v tabulce 1, u nichž se vyskytovaly větší systematické složky reflexní chyby.

Literatura:

- [1] Genike A. A.: Geodezičeskíe fazovye radiodalnomery. Trudy CNIIGAIK č. 164, Moskva 1963.
- [2] Kelsey J.: The Use of the Tellurometer by the Ordnance Survey (Podle publikace [1]).
- [3] Delong B.: Výzkum elektrotechnických dálkoměrů v podmínkách ČSSR. Výroční zpráva VÚGTK za rok 1962.
- [4] Martinák V.: Zpráva o symposiu představitelů geodetických služeb socialistických států o problémech spojených s konstrukcí i využitím světelných a radiových dálkoměrů pro geodetické práce. VTO č. 2/1963.
- [5] Referativnyj žurnal 52, Geodezia č. 12/1963, Akad. věd SSSR. - Referát o stati Aslakson C.: „The role of tellurometre in geodesy“.

K otázce unifikace a standardizace fotogrammetrického instrumentaria

Fotogrammetrie, která si před několika lety připomínala 100 let od svého vzniku, byla ještě do třicátých let tohoto století metodou, na níž připadal jen zlomek procenta měřických prací. V posledních desetiletích jsme však svědky jejího prudkého rozmachu, protože se stává ve většině zemí (zvláště letecká fotogrammetrie) základní mapovací metodou, zasahuje stále do dalších a dalších oblastí a to nejen při mapování, ale i při podrobném vyměřování, při budování geodetických sítí i v jiných odvětvích geodézie a topografie. Rozhodující měrou přispěla k dnešnímu zprůmyslovění celých měřických odvětví, poněvadž je to metoda, která dává jedny z nejlepších předpokladů pro dělbu práce, mechanizaci i automatizaci.

Přechod fotogrammetrie od laboratorního stadia k stadiu průmyslovému nese s sebou také požadavek standardizace a unifikace užívaných přístrojů a zařízení. Aby mohl být tento požadavek řešen v rámci celého socialistického tábora, bylo uspořádáno několik porad fotogrammetrických odborníků socialistických zemí. Jejich cílem bylo sjednotit názory na racionalizaci, typizaci a technický vývoj fotogrammetrických strojů a přístrojů tak, aby budoucí výrobní program fotogrammetrických zařízení odpovídal potřebám geodetických a kartografických prací prováděných v našich zemích. Směrnice pro koncepci a výrobu fotogrammetrických strojů, které byly vypracovány, měly jednak likvidovat potřebu dovozu těchto zařízení z kapitalistických zemí, jednak dosáhnout spojeným úsilím odborníků celého socialistického tábora v nejbližších letech produkce takových fotogrammetrických zařízení, jejichž úroveň by dosáhla předního místa ve světovém měřítku. Přes to, že od první porady neuplynula doba delší než dva roky, můžeme již vidět první výsledky, které lze považovat za velmi úspěšné.

I když většina vyvíjených zařízení je zatím ve stadiu prototypů, nultých sérií nebo provozních zkoušek, je důležité, aby se s jejich koncepcí odborná veřejnost co nejdříve seznámila, podobně jako s dohodnutými parametry, které byly pro jednotlivé vyvíjené přístroje stanoveny. Přinést v krátkosti tyto informace, rozřídění podle jednotlivých skupin fotogrammetrického instrumentaria, je cílem tohoto článku.

Fotogrammetrický letoun

Nároky, které jsou na fotogrammetrický letoun dnes kladeny, jsou podstatně odlišné při mapování v malých měřítkách a při mapování velkoměřítkovém. Tyto často diametrální požadavky sotva by mohl splnit jediný typ letounu. Proto se doporučuje zavést dva typy letounů, z nichž jeden by odpovídal požadavkům leteckého fotografování pro mapování v měřítkách 1 : 25 000 a větších a druhý požadavkům mapování v měřítkách menších než 1 : 25 000. Pro první typ je třeba požadovat dostup nejméně 5000 m a rozsah pracovních rychlostí od 150 do 300 km/hod. Druhý typ musí mít dostup do 12000 m a rozsah pracovních rychlostí od 300 do 600 km/hod. U obou typů je třeba zajistit pracovní dobu za letu nejméně 6 hodin a pokud možno krátkou startovací a přistávací dráhu.

Letoun musí umožňovat minimální poloměry zatáček a maximální stabilitu v horizontálním letu. V obou letounech je třeba umožnit pohodlné umístění jedné nebo dvou měřických komor a pomocných přístrojů, jako statoskopu, rádiového výškoměru, radiolokátoru aj. Bezpodmínečně je nutno umožnit letovodovi dobrý rozhled po terénu, včetně prostorů pod letounem a do stran.

V roce 1963 předvedly Polské letecké závody ve Varšavě — Okience letoun MD-12F specializovaný pro fotogrammetrické práce. Letoun svými parametry plně odpovídá požadavkům na fotogrammetrický letoun, sloužící pro mapování ve velkých a středních měřítkách. Byl vyvinut úpravou cestovního letounu MD-12. Má čtyři motory malých rozměrů, po 300 k, jeho prostory jsou vhodně přizpůsobeny pro fotogrammetrický let. Trup má čtyři otvory pro fotografování a předpokládá se v něm umístění až 4 komor (2 se svislou a 2 se šikmou osou záběru).

Konstrukce je přizpůsobena pro všechny běžné druhy komor, jako AFA-TE, Zeiss, Wild aj. Pracovní kabina je prostorná ($6,7 \times 1,8 \times 1,8 \text{ m}^3$), pracoviště obsluhy je dobře vybaveno. V kabině je skříň se záložními kazetami a objektivy, za ní pak je umístěna temná komora s pracovním stolem. Navigátor má dobrý výhled ze své zasklené kabiny na přídí, která umožňuje dobrou viditelnost po více než 180° horizontu. Štěrbinové průhledítko umožňuje přesné navedení letounu na orientační bod i určení snosu s přesností vyšší než $\pm 1^\circ$. Letoun je vybaven autopilotem a umožňuje spolehlivý let ve výškách od několika málo set metrů do 5000 m. Je stabilní, dobře ovladatelný, umožňuje létat zatáčky o velmi malém poloměru. Umožňuje bezpečný let při rychlostech od 155 do 300 km/hod (redukováno na hladinu moře), což odpovídá minimální rychlosti 163 km/hod ve výšce 1000 m. Provoz letounu je velmi hospodárný. Možno říci, že zatím nejlépe splňuje požadavky na fotogrammetrický letoun pro snímkování ve velkých a středních měřítkách a vzbudil také při svém předvedení zaslouženou pozornost.

Letecké komory

Jako základní typ leteckých komor je třeba pro budoucnost uvažovat komory filmové, které mají proti deskovým řadu ekonomických výhod a u kterých lze při vhodné volbě filmu dodržet přesnost prakticky rovnocennou komorám deskovým. Byly stanoveny tyto hlavní technické požadavky na letecké komory:

Formát snímku $18 \times 18 \text{ cm}$.

Konstanty v rozsahu od 50 do 200 mm, přičemž se konstanta okolo 140 mm nepovažuje za nutnou. Pro speciální účely lze uvedený rozsah konstant rozšířit v mezích od 36 do 500 mm. Objektivy leteckých komor o konstantách 100 mm a větších musí mít rozlišovací schopnost nejméně 20 čárek/mm v celém zorném poli při vysokých kontrastech a nejméně 10 čárek/mm při kontrastu 0,2. Přitom pro stanovení rozlišovací schopnosti je třeba jako standardní metodu volit metodu závodu VEB Agfa Wolfen, které se používá v VEB C. Zeiss. Zkreslení objektivů nesmí přesáhnout 0,005 mm u komor s konstantami 100 mm a většími a u komor s konstantami 70 mm a menšími musí být menší než 0,02 mm. Přitom musí být zkreslení kladné a přesně symetrické. U širokouhlých komor se doporučuje tam, kde by to bylo s ohledem na úbytek světla ke krajům snímků nutné, zařadit do stavby objektivu stíníč, který by umožňoval dosáhnout toho, že množství světla dopadající na plošné elementy na okraji zorného pole bude nejvýše o 30 % menší než ve středu zorného pole.

Rozsah nastavitelných expozičních dob je vhodný od 1/50 do 1/500 s. I když expozice mimo tento rozsah nejsou považovány za obecně potřebné, je vhodné podle možností i rozšířit rozsah použitelných expozičních dob, a to zvláště směrem ke kratším expozicím. Vyrovnání filmu v rovině snímku se doporučuje provádět jednak pneumatickým způsobem, přičemž je třeba dát přednost podtlakovému přisávání s vyrovnáním od středu k okrajům, pokud se nepočítá s fotografováním z velkých výšek, v kterých je výhodnější přetlakový způsob; jednak se počítá s možností vyrovnávat film pomocí podložní planoparalelní desky, počítané jako součást objektivu. Tento způsob má výrazné výhody při snímkování z velkých výšek a umožňuje dále zobrazit na snímek přesnou síť vyrytou na podložné sklo, která dovolí účinně omezit vliv srážky filmu aj., a to zvláště při analytických fotogrammetrických metodách.

Rámové značky se doporučují 4, rozložené ve středu stran snímkového formátu. Je třeba věnovat pozornost tomu, aby zobrazení značek na snímku bylo optimální, přičemž značky mohou zakrývat jen minimální část snímkového pole a zároveň musí umožňovat dokonalé centrování snímku s přesností $\pm 0,01 \text{ mm}$.

Zobrazení údajů pomocných přístrojů je vhodné na filmu umístit v prostoru mezi jednotlivými snímky. Jako potřebné se jeví zobrazit tyto údaje: číslo komory, konstantu komory, číslo snímku, obraz krabicové libely, obraz hodin a místo pro zápis jiných letových údajů. Vhodné je také zobrazení optického klínu a rádiového výškoměru. Číselník udávající počet snímků musí mít možnost nulování.

Kazeta má mít kapacitu 60 m nebo 120 m filmového pásu o šířce 190 nebo 200 mm a umožňovat také použití neperforovaného filmu. Potřebné je zařízení pro označení jednotlivých exponovaných částí filmu. Nejmenší interval mezi expozicemi má být podle možnosti menší než 2 s. Automatický regulátor překrytu musí umožňovat změnu intervalu exponování v rozsahu od 2 do 90 vteřin a zároveň zajišťovat spolehlivou kontrolu činnosti jednotlivých pracovních ústrojí komory, tj. převíjení filmu, práci uzávěrky apod.

Regulátor překrytu a ovládací zařízení je třeba řešit tak, aby umožnilo dálkové ovládání. Jestliže ovládací zařízení je spojeno se speciálním průhledítkem, je třeba zajistit nastavování podélného snímkového překrytu v rozsahu od 20 % do 90 % a přitom pro překryt 60 % a 80 % zajistit stabilní fixaci.

Je také třeba požadovat, aby komora umožňovala exponovat okamžitě po stisku spouštěcího knoflíku, a to ať jednotlivé nebo řadové snímky, což umožní přesné provedení zacílených snímků i synchronizaci snímkových řad.

Komoru je vhodné vybavit zařízením pro automatické řízení osvitů, a to buď nastavením příslušné expoziční doby nebo změnou clony. V případě změny clony musí být optika komory řešena tak, aby změna clony nevyvolala aberaci. Komora musí mít možnost spojení s gyroskopickým stabilizátorem. Gyroskopické stabilizátory musí být řešeny tak, aby je bylo lze použít pro všechny užívané snímání letecké komory. Vývoj gyroskopických stabilizátorů musí být dále rozvinut, aby bylo dosaženo přesnosti stabilizace osy záběru se střední chybou = 2' až 3'.

Je třeba rozvinout výzkum též v oblasti stanovení a registrace úhlů sklonu osy záběru v okamžiku expozice, včetně řešení využívajících horizontálních pomocných snímků. Z hlediska perspektivního vývoje leteckého snímání je přisuzována značná váha přístrojům umožňujícím stanovit některé prvky vnější orientace za letu. Bude vhodné zaměřit se na zdokonalení přístrojů, jako statoskop, rádiový výškoměr a radiolokační aparatury. Účelným se ukazuje též zahájit práce na vývoji rádiového profiloskopu.

U nově vyvíjených komor VEB C. Zeiss v Jeně jsou všechny tyto požadavky prakticky akceptovány. V současné době je již na trhu komora RMB 21/1818 a MRB 11,5/1818 o konstantách 210 a 115 mm. Podrobné údaje o nich byly již v odborném tisku publikovány. V prvních sériích se též již vyrábí komora MRB 7/1818 o konstantě 70 mm a do 2 až 3 let má být tato řada ještě rozšířena o komory s konstantami 55 a 500 mm. V SSSR jsou v současné době zdokonalovány komory řady AFA-TE, tak aby plně vyhovovaly uvedeným podmínkám.

Fotografický materiál

Pro fotogrammetrické práce má největší význam panchromatický negativní materiál o citlivosti od 17/10 DIN do 25/10 DIN, pro nějž je třeba požadovat splnění následujících podmínek:

Rozlišovací schopnost emulzí musí být nejméně 80 čárek/mm při velkém kontrastu. Je záhodno dosáhnout zvýšení rozlišovací schopnosti emulze až na hodnotu 100/čárek mm. Zároveň je třeba v maximální míře potlačit závoj a halaci. Vyráběné druhy negativního materiálu mají mít co nejmenší tloušťku emulzní vrstvy a je třeba v tom směru vyvinout snahu za zmenšení tloušťky existujících emulzí. Gradace negativních emulzí je vhodné volit v rozmezí od 1 do 2,5 v pravidelných odstupech. Na filmovou podložku jsou kladeny v měřické fotografii vysoké nároky, a to především co do stability. Deformace filmu v období od expozice po pořízení diapositivů na skle (maximálně 6 měsíců) nesmí přesahovat tyto hodnoty:

pravidelná srážka 0,8 ‰,

afinní srážka 0,3 ‰,

nepravidelná zbytková (nahodilá) srážka hodnotu danou střední chybou v poloze = 0,005 mm.

Přitom je záhodno vyvinout druhy materiálu, u kterých by nepravidelná srážka nepřesahovala hodnotu danou střední chybou $\pm 0,002$ mm.

Je potřebné, aby závody vyrábějící měřický fotogrammetrický materiál vypracovaly po dohodě a ve spolupráci s odběrateli instrukce pro zacházení s leteckým měřickým filmem a jiným materiálem. Jeví se potřeba praktické instrukce pro exponování, vyvíjení, kopírování a uschování leteckých filmů aj.

Z hlediska potřeby zhotovování měřických diapozitivů na skle je třeba zjistit možnosti produkce skleněných zrcadlových desek v NDR pro potřeby socialistického tábora. Tyto desky pak musí odpovídat těmto technickým podmínkám:

formát 20×20 cm,

tloušťka 2–3 mm,

maximální odchylka od roviny 0,05 mm.

Pro fotolaboratorní práce byla konstatována potřeba výroby stacionárních vyvíjecích automatů, vyvolávacího pro barevnou fotografii, umožňujícího ekonomické využívání příslušných roztoků a kopírky umožňující automatické vyrovnávání kontrastu.

V současné době jsou již k dispozici vyvíjecí přístroje vyráběné v SSSR, které byly zdokonalovány tak, aby umožňovaly vyvíjení také neperforovaného filmu libovolné šířky. Také VEB Zeiss dal na trh vyvíjecí přístroje EG 120, odpovídající uvedeným parametrům. Přístroj je nevelkých rozměrů, je zaručeno stejnoměrné působení všech lázní na všechna místa vyvíjeného filmu, který při průchodu není namáhán na tah, a tak je odstraněn zdroj jeho možných deformací. V přístroji je možno vyvíjet až 120 m filmu.

Také u nás je připraven k výrobě stacionární vyvolávací automat podle návrhu výzkumného ústavu polygrafického.

Přístroj obsahuje vyvolávací jednotku s cirkulačním okruhem a filtrací; přerušovací a ustalovací jednotku; prací jednotku; temperační jednotku pracující na principu přímé teploty bez použití tepelného media a zajišťující dodržování předem zvolené teploty vývojky, přerušovače a ustalovače v daných tolerancích; sušicí jednotku; ovládací panel pro ovládání a kontrolu regulačních prvků a chodu jednotlivých částí; regenerační jednotku spojenou s poloautomatickým dávkováním zásobních roztoků do pracovních tanků. Vyvolávací zařízení jako celek pracuje na rámečkovém principu; je řešeno stavebnicově; přistavením další vyvolávací jednotky lze v tomto automatu zpracovávat snímky ve dvou různých vývojkách současně.

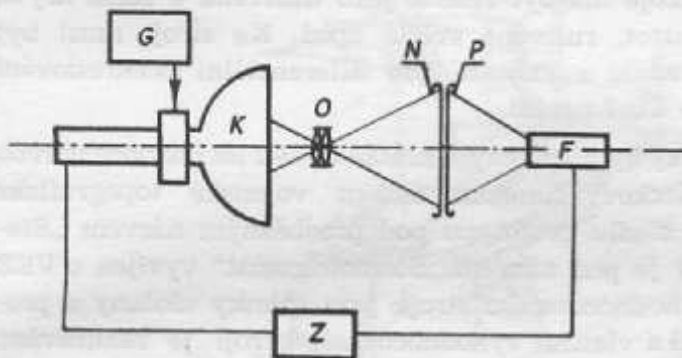
Dobře vyhovuje stanoveným podmínkám též sušička TS 120 vyráběná VEB Zeiss. Má uzavřenou stavbu, sušící vzduch je přiváděn kanálem rovnoběžně se směrem pohybu filmu a hnán na film řadou trysek. Sušící teplotu lze nastavit v rozmezí 30° – 50° C. V přístroji se vysuší 120 m filmu za 1,5 až 8 hodin při rychlosti transportu filmu 15 až 72 m/hod. Lze ji účelně spojit s vyvolávacím EG 120 v jeden celek.

Kopírovací přístroj s automatickým vyrovnáváním kontrastu je rozpracován v současné době v NDR, SSSR i u nás, kde je již vyroben prototyp a první série bude hotova ještě v tomto roce. U přístrojů vyvíjených v SSSR se využívá k vyrovnání kontrastů i luminiscenčního principu.

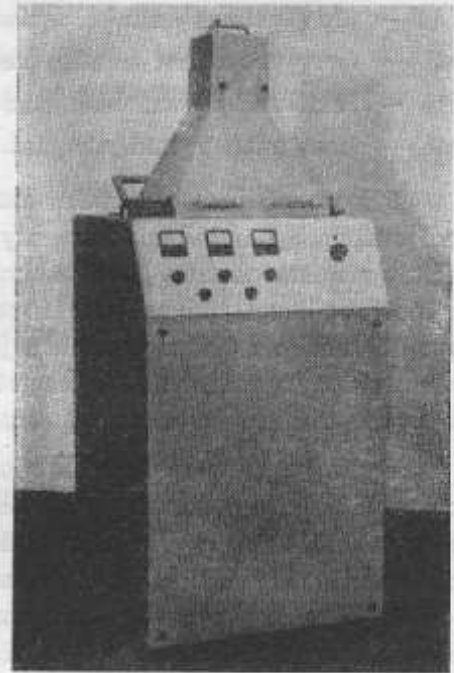
Elektronická kontaktní kopírka vyráběná u n. p. Elektročas v Praze je schematicky znázorněna na obr. 1.

Světelným zdrojem není žárovka, ale televizní obrazovka (K) umožňující rozklad obrazu na jednotlivé obrazové body rozkladovými generátory (G_1) obdobně jako v televizní technice. Optickým systémem (O) se zobrazuje aktivní plocha stínítka obrazovky na negativ (N), k němuž je kontaktně přiložen pozitivní materiál (P). Světlo prošlé soustavou negativ-pozitiv se soustřeďuje na fotonásobiči (F), v němž se optický signál transformuje na signál elektrický. Elektrický signál fotonásobiče se zesílí zesilovačem (Z) a vede se jako modulační napětí zpět na mřížku obrazovky (K). Toto napětí pak řídí jas paprsku obrazovky. Zesilovač je přitom zapojen tak, že stoupne-li světelný tok dopadající na fotonásobič, sníží se jas paprsku obrazovky, a naopak,

sníží-li se světelný tok, zvýší se jas paprsku. Je tedy tmavý bod negativu exponován vyšším osvitem a naopak světlý bod nižším osvitem. Na stínítku obrazovky se vytváří automaticky pozitivní neostrá maska, snižující kontrast obrazu při kopírování. Hustotu pozitivní masky a tedy i stupeň snížení kontrastu je možno řídit nastavením velikosti zesílení zesilovače. Minimální



Obr. 1



Obr. 2

velikost světelné stopy u prototypu přístroje (obr. 2) je 2 mm, je však předpoklad, že u dalších přístrojů se podaří ji stlačit na 1 mm i méně. Zkušební práce daly výborné výsledky a n. p. Elektročas nabízí zájemcům možnost zkušebních prací na přístroji zdarma.

Univerzální vyhodnocovací stroje

Již prvá porada v roce 1961 se zaměřila v největší míře na stanovení parametrů přesného univerzálního stroje. Vývoj takového stroje spolu s přesným stereokomparátorem a diferenciálním překreslovačem je třeba považovat za hlavní úkol vývojových prací v oblasti fotogrammetrického instrumentaria. Jako hlavní linie byla stanovena orientace na stroje s maximální přesností a univerzálností, schopné v největší míře využít měřickoinformační obsah leteckého snímku a umožňující široký rozvoj nejmodernějších fotogrammetrických metod, především analytické fotogrammetrie, a umožňující v perspektivě zavedení metod charakterizovaných automatizačními prvky, jako tzv. matematická projekce, automatická kresba vrstevnic aj. Z toho hlediska byla stanovena tato technická data:

Stroj musí umožňovat vyhodnocování snímků s libovolnou konstantou vyhodnocování v rozmezí od 50 do 215 mm, přičemž možnost rozšíření tohoto rozsahu v obou směrech, to jest na rozsah od 36 do 500 mm, je považována za velmi účelnou, pokud by to nadměrně nekomplikovalo konstrukci stroje. Stroj musí umožňovat vyhodnocování snímků se sklony do 5° a u snímků pořízených komorami s menší konstantou než 50 mm se sklony do 3° . Pozorovací optický systém musí umožňovat změnu zvětšení v rozmezí od 4násobného do 12 násobného a to buď plynule nebo ve vhodných intervalech. Zorné pole optického pozorovacího systému musí být při 8násobném zvětšení nejméně 20 mm.

Stroj musí umožňovat vyhodnocování v různých poměrech měřítka snímku mapy, a to v rozmezí těchto poměrů od 0,7 do 10,0. Výškovým rozsahem stroje musí být umožněno vyhodnocovat převýšení $\pm 0,3 H$ od střední roviny, kde H je výška letu. Přesnost stroje musí být taková, aby střední chyba v určení vyhodnocovaného bodu, převedena do roviny snímku (tj.

redukována na snímkové měřítko) nepřesahovala hodnotu $\pm 0,005$ mm. Na stroji musí být možnost pohodlně odečítat tyto hodnoty:

- prostorové souřadnice vyhodnocovaných bodů včetně nadirů,
- základnové složky,
- úhly sklonu snímků a decentrace snímků,
- úhly pootočení snímků ve vlastní rovině,
- relativní výšku letu nad vyhodnoceným bodem,
- konstantu vyhodnocování.

Přitom přesnost odečítání musí být u lineárních elementů $\pm 0,01$ mm a u úhlů $\pm 1^\circ$. Odečítací stupnice i ovládací elementy je třeba umístit na stroji tak, aby je bylo možno pohodlně odečítat z místa obsluhy, bez vstávání. Stroj musí umožňovat nastavení základny vně i dovnitř pro potřeby aerotriangulace. Konstrukce stroje má být řešena jako uzavřená a zcela krytá, aby se zamezilo vnikání prachu a jiných nečistot, rušivého světla apod. Ke stroji musí být možno připojit zařízení pro registraci souřadnic a zařízení pro diferenciální překreslování leteckých snímků, pokud stroj sám již tento úkol neplní.

Je pozoruhodné, že tyto náročné požadavky byly splněny v krátké době 2 let dokonce u dvou prototypů, a to u jednoho vyvíjeného ve vědeckovýzkumném ústavu vojenské topografické služby v SSSR, který v současné době je ve stadiu prototypu pod předběžným názvem „Stereofotoprojektor“ SFP-1, a u druhého, který je pod názvem „Stereotrigomat“ vyvíjen u VEB C. Zeiss. V obou projektech univerzálního vyhodnocovacího stroje jsou snímky uloženy a proměřovány v jedné konstantně položené rovině a vlastní vyhodnocovací ústrojí je realizováno vhodnou analogovou konstrukcí, jak je popsáno dále. Oba konstruktérské kolektivy dále řeší diferenciální překreslovač jako přídatnou část univerzálního vyhodnocovacího stroje.

Stereofotoprojektor umožňuje vyhodnocování s přesností výšek rovnou $1/15\ 000$ projekční výšky a situační přesností rovnou $15\ \mu\text{m}$ v měřítku snímku a $0,1$ mm na kreslicím stole při maximálním poměru měřítka snímku a měřítka modelu $1:4$.

Je zařízen pro aerotriangulaci. Umožňuje vyhodnocování snímků formátu 18×18 cm, pořízených komorou o libovolné konstantě a při sklonech do 8° (při $f = 100$ mm) respektive 3° (při $f = 35$ mm). Při vyhodnocování snímků větších formátů se snímky předběžně zmenší v precizním fotoreduktoru. Umožňuje diferenciální překreslování snímků. Koeficient zvětšení pro poměr snímek - model je možný od $0,5$ do $6,0$, zvětšení diferenciálně překreslených snímků do $1,8$ násobného; dalšího zvětšení se dosahuje fotografickou cestou.

Umožňuje se vyhodnocování modelu s maximálním převýšením do $1/2$ výšky letu. Zvětšení pozorovacího systému 4 násobné až 12 násobné. Měřické značky jsou svítící, různých velikostí a barev. Rozsah základnových složek je u b_y do $0,2$ bx a u b_z do $0,5$ Z.

Stroj je stavěn stavebnicovým způsobem a obsahuje:

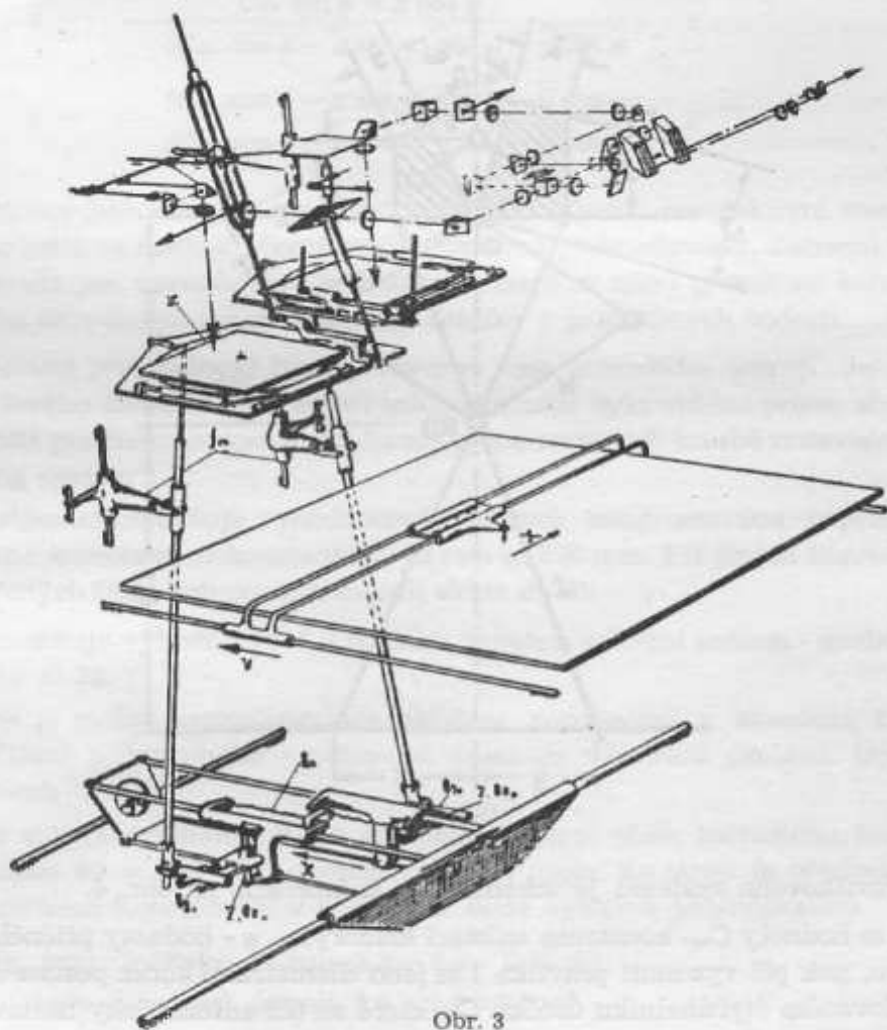
- vyhodnocovací část, konstruovanou na principu stereoprojektoru SPR-2 u nás známého, s jistými zčásti významnými zlepšeními (válcová vedení; preciznější konstrukce korekčních mechanismů s možností axiálního kompenzačního zdvihu základní destičky korekčního mechanismu, umožňujícího eliminaci některých snímkových chyb; příčné umístění základní roviny prostorových vodidel; poloautomatické zavádění decentračních pohybů, přičemž se decentrace snímku i korekčního zařízení nastavují jediným společným pohybem, aj.) viz na obr. 3;

- diferenciální překreslovač originálního řešení, umožňující bezprostřední diferenciální překreslování vyhodnocených snímků. Použitý princip nevyžaduje nutnost přenosu orientačních prvků na překreslovací zařízení a odstraňuje také nutnost zobrazování šikmými svazky zobrazovacího paprskového trsu. Zvětšení překreslovaného snímku lze měnit změnou rychlosti pohybu kazety vůči štěrbině při neproměnné vzdálenosti snímek - štěrbin. Konstantní

měřítka překreslení různě převýšených elementů terénu je udržováno pankratickým systémem, konstantní měřítka různých zón skloněného snímku korekčním zařízením;

- elektromagnetické přenosové zařízení umožňující přenos síly pro pohyb jednotlivých vozíků využitím selsynů;
- koordinátograf umožňující další úpravu poměru měřítka mapy a snímku.

V budoucnu se předpokládá doplnění stroje profilografem, automatickým fixátorem výšek vrstevnic vyhodnocované vrstevnicové mapy typu „integrated mapping system“, elektronickým registračním zařízením aj.



Obr. 3

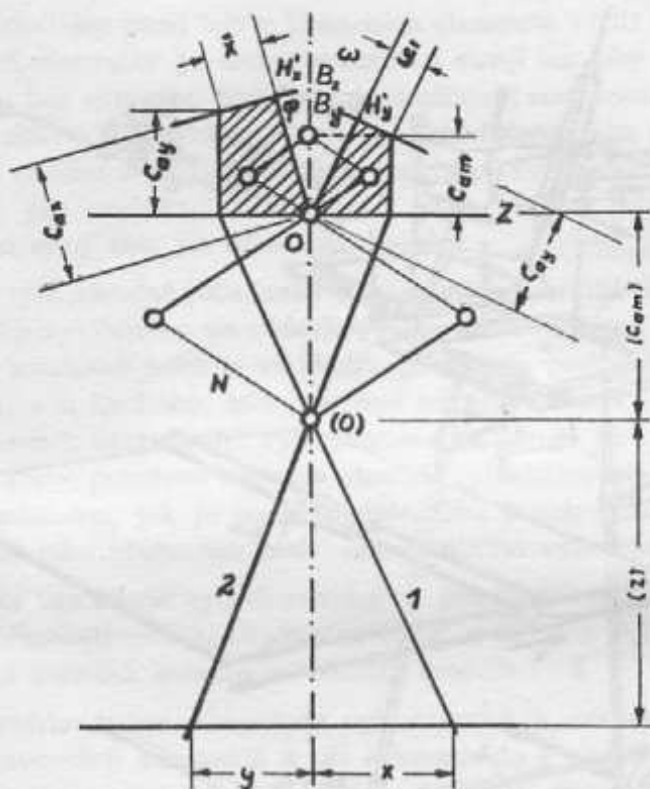
Stroj má zcela uzavřenou konstrukci, všechna ovládací zařízení jsou z místa obsluhy snadno dosažitelná. Rozměry jsou extrémně malé, a to: $1,10 \times 1,20 \times 1,37 \text{ m}^3$. Cena je předběžně odhadována pozoruhodně nízkou částkou asi 4000 rublů. Pro konstantnost justáže a malé rozměry je stroj vhodný pro převozy i pro pojízdné soupravy. Jeden z prototypů stroje má být do roku 1965 dodán k vyzkoušení i do ČSSR.

Stereotrigomat má umožnit vyhodnocování s přesností odpovídající hodnotě 7 až $10 \mu\text{m}$ v měřítku snímku.

Poněvadž je v současné době teprve rozpracován projekt, nelze přesnost potvrdit s konečnou platností. Umožňuje vyhodnocovat spímky do formátu $230 \times 230 \text{ mm}$, pořízené komorou o libovolné konstantě. Je spojen s diferenciálním překreslovačem.

Stroj se skládá z měřického ústrojí typu stereokomparátoru, vyhodnocovacího ústrojí, diferenciálního překreslovače a koordinátografu. Měřické ústrojí a vyhodnocovací ústrojí jsou stavěna samostatně, přenos pohybů mezi nimi se děje elektromagnetickou cestou s využitím

selsynů. Obě tyto části jsou kompaktně stavěny; konstrukce je zcela uzavřená. Všechny ovládací elementy jsou pohodlně dostupné z místa obsluhy (jsou uspořádány na měřickém ústrojí podobně jako u stereometrografu). Vyhodnocovací ústrojí je řešeno systémem rovinných pravítek, na která se přenáší příslušné složky prostorových úhlů. Tím se konstruktér vyhnul nutnosti prostorových vodidel a kloubů a vyřadil vlivy různého vyvážení vodidel a silových momentů. Oddělení vyhodnocovacího ústrojí umožňuje nahradit v budoucnu analogový pravítkový systém systémem číslicovým s využitím číslicového počítače a zavést další elektronické prvky pro automatizaci vzájemné a absolutní orientace, částečnou automatizaci kartýrování ap.



Obr. 4

Funkce pravítkového systému je schematicky znázorněna na obr. 4.

Nastaví-li se hodnoty C_{ax} - konstanta snímací komory; ω , φ - hodnoty příčného a podélného sklonu osy záběru, pak při vysunutí pravítka 1 se jeho diametrální konec posune v rovině Z tak, že vytvoří v šrafovaném čtyřúhelníku úsečku C_{ay} , která se též automaticky nastaví jako vzdálenost roviny B_y od středu O .

Podobně pravítko 2 vede k vytvoření úsečky C_{am} , která se přenesse na horní část pantografu a řídí tak vzdálenost roviny Z od pevného středu O , takže platí $O(o) = kC_{am}$, kde k je převodový poměr pantografu odpovídající koeficientu afinního přetvoření (nastaví se před vyhodnocováním). Na vedeních B_x a B_y se tak vytvoří úseky, přesně odpovídající snímkovým souřadnicím \bar{x} , \bar{y} příslušného snímku. Platí totiž:

$$C_{ay} = C_{ax} \cos \varphi - \bar{x} \sin \varphi$$

$$C_{am} = C_{ay} \cos \omega - \bar{y} \sin \omega = (C_{ax} \cos \varphi - \bar{x} \sin \varphi) \cos \omega - \bar{y} \sin \omega$$

$$(z) = kz$$

Základny šrafovaných čtyřúhelníků v rovině Z jsou rovny $\bar{x} \cos \varphi + C_{ax} \sin \varphi$ a $\bar{y} \cos \omega + C_{ay} \sin \omega = \bar{y} \cos \omega + (C_{ax} \cos \varphi - \bar{x} \sin \varphi) \sin \omega$.

Dělíme-li tyto hodnoty veličinou $(C_{am}) = k \cdot C_{am}$ obdržíme z podobnosti trojúhelníků:

$$\frac{\bar{x} \cos \varphi + C_{ax} \sin \varphi}{k \cdot [(C_{ax} \cos \varphi - \bar{x} \sin \varphi) \cos \omega - \bar{y} \sin \omega]} = \frac{x}{k \cdot z}$$

$$\frac{\bar{y} \cos \omega + (C_{ax} \cos \varphi - \bar{x} \sin \varphi) \sin \omega}{k \cdot [(C_{ax} \cos \varphi - \bar{x} \sin \varphi) \cos \omega - \bar{y} \sin \omega]} = \frac{y}{k \cdot z}$$

a z toho:

$$x = \frac{C_{ax} \sin \varphi + \bar{x} \cos \varphi}{(C_{ax} \cos \varphi - \bar{x} \sin \varphi) \cos \omega - \bar{y} \sin \omega} \cdot z$$

$$y = \frac{(C_{ax} \cos \varphi - \bar{x} \sin \varphi) \sin \omega - \bar{y} \cos \omega}{(C_{ax} \cos \varphi - \bar{x} \sin \varphi) \cos \omega - \bar{y} \sin \omega} \cdot z$$

Tyto rovnice jsou však totožné s rovnicemi popisujícími perspektivní transformaci souřadnic šikmého snímku na snímek přesně svislý (obdobně překreslování). Zařízení tak pracuje zcela exaktně, poněvadž pro transformaci jednotlivých bodů se užívá proměnné konstanty C_{am} , a tak se bere v úvahu diferenciální změna měřítka snímku v jednotlivých bodech.

Diferenciální překreslovač tvoří přídavnou část měřického ústrojí. Je konstruován pro překreslování levého snímku. Překreslení celého snímku bylo voleno proto, aby byla umožněna v budoucnu cesta pro řízení automatické fixace výšek vrstev při kresbě vrstevnice (obdobně „integrated mapping system“).

Stereotrigomat umožňuje vyhodnocování snímků kongruentními paprskovými trsy pro snímky pořízené komorami o konstantách 35 mm až 500 mm. Při jiných konstantách se využívá afinně přetvořených trsů. Snímky mohou mít sklon do 6°.

Stroj umožňuje vyhodnocovat v rozsahu poměru zvětšení snímek - model 1,0 až 5,0 a snímek - mapa 0,1 až 25.

Na stroji je možná aerotriangulace, zkřížení pozorování a zavedení kladné i záporné základny. Zvětšení pozorovacího systému se dosahuje výměnou okulárů. Dosud nebylo definitivně stanoveno.

Kreslicí stůl (koordinátograf) je umístěn na horní ploše měřického ústrojí ve výšce asi 95 cm. Má rozměr 90 × 120 cm², osvětlení shora i zdola. Ke stroji je předpokládáno připojení registračních zařízení Koordimetr, v budoucnu bude vybaven profilografem.

Rozměry jsou: měřické ústrojí 2,0 × 2,3 × 0,95 m³
vyhodnocovací ústrojí 2,0 × 1,4 × 1,5 m³.

Dále přísluší ke stroji skříňka se zesilovači pro elektromagnetický přenos rozměrů 0,5 × 0,8 × 0,7 m³.

Diferenciální překreslovač umožňuje volbu koeficientu zvětšení mezi původním a překresleným snímkem od 0,7 do 5,0. Překresluje se na filmový pás. Pro překreslování lze využít plochy 750 mm ve směru y a 3500 mm ve směru x .

Koncepce stroje důsledně respektuje perspektivu dalšího konstrukčního zdokonalování hlavně v souvislosti s mechanizací a automatizací.

Přesný stereokomparátor

Také tento přístroj, nezbytný pro rozvoj analytických metod byl zařazen mezi ty, jež mají být vyvinuty v první řadě. Na jeho konstrukci byly stanoveny tyto požadavky:

Přesnost určení snímkových souřadnic nastaveného bodu musí být charakterizována střední chybou nejméně ± 0,003 mm.

Optický pozorovací systém musí umožňovat zvětšení 6násobné, 12násobné a 18násobné. U stroje postačí dva snímkové vozíky. Stroj musí být vybaven automatickým registračním zařízením umožňujícím záznam výsledku měření a to jednak číslicemi, jednak záznamem na děrné štítky nebo děrnou pásku, pro předání do vstupu elektronického samočinného počítače. Ke stroji musí být možnost bezprostředně připojit samočinný počítač.

I tento přístroj je v současné době již k dispozici a to opět ve dvou variantách, pocházejících od VEB C. Zeiss a z Vědeckovýzkumného ústavu vojenské topografické služby SSSR. Zeissův přístroj je dnes již pod značkou stekometr dodáván. Je konstruován pro snímkový formát 18×18 cm. Zaručuje přesnost $\pm 3\mu$ v měřítku snímku. Je vybaven automatickým registračním zařízením, pracujícím s přesností $\pm 2\mu$ s výstupem na děrnou pásku i v číselné formě. Přístroj bude ještě letos instalován v ČSSR a podrobnější údaje o něm jsou u nás dostupné.

Zajímavé řešení a možnosti má sovětský výrobek, který pod značkou SKA-1 je již také sériově vyráběn. Zaručuje přesnost vyšší než $\pm 5\mu$. Je opatřen registrátorem souřadnic pracujícím na principu snímání úhlu natočení vřetene.

Snímání se děje tak, že vřeteno nese kotouč s osmi soustřednými kruhy, opatřenými postupně 2 až 2^8 výřezy, což umožní postupným sčítáním prošlých impulsů registrovat až $1/2^8$ otočky. Další stupnice sčítají celé obrátky a jejich vyšší mocniny (řády). Vcelku lze registrovat 18 dvojkových řádů, tj. 5–6 dekadických. Elektronický převodník převádí registrovanou hodnotu do dekadické soustavy a udává v číslicové formě na transparentu. Současně se údaj registruje na děrnou pásku v mezinárodním telegrafním kódu. Je možno registrovat též do formulářů zapojením automatického psacího stroje.

Ke každému snímku (levému nebo pravému) lze na přístroji připojit sousední třetí snímek, který je umístěn ve svislé kazetě ve středu přístroje. Optický pozorovací systém umožňuje pozorování tohoto třetího snímku v značném rozsahu zmenšení, takže se může měřítkem značně lišit od obou základních snímků ve stereokomparátoru. Toto řešení umožňuje přenos bodů ze snímku velkého měřítka do snímků na přístroji pozorovaných. Snímky se pozorují zespoda přes broušenou desku, opatřenou rytými kontrolními křížky po 20×20 mm. Značka je umístěna v přední části pozorovací optiky, kde splývá s obrazy snímkových bodů. V dalším chodu již postupuje obraz se značkou společně. Přístroj umožňuje zvětšení $5\times$ až $20\times$. Umožňuje zkřížit pozorování a připojování snímků. V optické dráze pozorovacího systému levého snímku je hranol umožňující přechod k systému 3. (doplňkového) snímku. Objektiv, kterým 3. snímek pozorujeme, má možnost pohybu ± 15 mm, což při možném zmenšení 3. snímku do $10\times$ odpovídá ± 150 mm pohybu snímku, postačujícím k jeho orientaci (snímek sám je nehybný). Další zařízení umožňuje fotografickou registraci nastaveného bodu. Vyvolané obrazy registrovaných bodů lze znovu promítat do kterékoli části optického systému. Využijí se pro identifikaci bodů přenášovaných do vyhodnocovaných snímků ze snímku velkého měřítka. Pankratický systém umožňuje plynulou změnu měřítka i relativní změnu zvětšení mezi měřeným a pomocným (třetím) snímkem v rozsahu $3,6\times$ až $28\times$. Při větších zvětšeních lze 3. snímek $2\times$ zvětšit a rozsah zvětšení tak zvětšit na $56\times$.

Značku lze vést ručními kolečky i řídicí pákou. Na řídicím pultu lze nastavit i čísla bodu, která se pak také registrují. Na přístroji se měří a registrují hodnoty x', y', x'', y'' , tj. souřadnice z levého i pravého snímku. Stroj má moderní krytou konstrukci a pohodlnou obsluhu.

Mimo uvedené hlavní přístroje byla dohodnuta doporučení a technické parametry i pro řadu dalších přístrojů a pomůcek menšího významu, které omezený rozsah článku nedovoluje podrobněji probírat.

Závěrem lze říci, že nastoupená cesta se ukázala jako velmi prospěšná. Vytvořily se podmínky pro další spolupráci socialistických zemí v oboru fotogrammetrie, ujasnila se potřeba, typy a technické parametry na fotogrammetrické přístroje, vytyčila se jasná perspektiva jejich postupného doplňování. Zvláštní ocenění pak zaslouží, že přes velmi náročné stanovené

technické požadavky, které vesměs odpovídají nejvyšší světové úrovni dnes dosahované a mnohde jdou i značně dále, dokázali je konstruktéři našich zemí v dosud provedených konstrukcích dodržet a v krátké době příslušné stroje i realizovat.

Literatura:

Elektronická kontaktní kopírka (zpráva VÚZORT, Praha 1964)

Schöller H.: CZ-Entwurf für mechanischen Projektionsrechner mit Zerlegung in zwei Rissebenen (zpráva pro symposium v Jené 1963)

Stereoprojektor SFP-1 (Technická zpráva k projektu, Moskva 1962)

Inženýr podplukovník Boleslav Červinka

Analyticko-grafické vyrovnání aerotriangulace

Jednořadové aerotriangulační sítě jsou vyrovnávány ve fotogrammetrické praxi podle rovnic druhého i vyššího stupně, majících u krátkých řad (do 8–10 modelů) zpravidla 5 členů, u dlouhých řad 6 členů. Tak např. rovnice pro výškové vyrovnání mívá v prvním případě tvar

$$dz = A + Bx + Cx^2 + Dy + Exy, \quad (1a)$$

v druhém případě

$$dz = A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + Ey + Fxy \quad (1b)$$

Další zvyšování počtu členů (o členy Gx^4, Hx^2y) nebývá vždy účelné, neboť rozsah prací se podstatně zvětšuje a přitom zisk na přesnosti bývá i u dlouhých řad nepatrný a často vůbec žádný.

Obdobné vzorce jsou používány i pro vyrovnání souřadnic x, y . V poněkud zjednodušené aplikaci můžeme předpokládat, že v rovnici (1b) eliminují členy A, Bx, Ey chyby způsobené nepřesným nastavením výšky na základním bodě a sklonem fotogrammetrické souřadnicové soustavy vůči tangenciální rovině, tj. chybným sklonem prvního modelu. Členy Cx^2, Dx^3 a částečně i Bx eliminují chyby z podélného prohnutí modelu, vznikající distorzí objektivu letecké komory, chybami vnitřní orientace, srážkami filmu, zakřivením Země, refrakcí, nedokonalou justáží vyhodnocovacího stroje a jeho chybami povahy optické a mechanické, pracovním postupem aj. Člen Fxy opravuje vliv zkroucení, o kterém se předem předpokládá, že v modelu řady postupuje lineárně.

Jestliže první model řady je správně horizontován, členy A, Ey a částečně i Bx nabývají malé až nulové hodnoty. Protože i člen Fxy bývá nepatrný, je zřejmé, že na vyrovnání aerotriangulace se převážnou měrou podílejí členy Bx, Cx^2, Dx^3 .

V níže popisovaném postupu je aerotriangulace vyrovnávána - za podmínky absolutně orientovaného prvního modelu - ve dvou fázích:

v první fázi je vyrovnávána podstatná část chyb analyticky podle paraboly typu

$$dx = a x^{k,5}, \quad (2)$$

v níž pravý člen rovnice nahrazuje aproximativně členy Bx, Cx^2 a Dx^3 v rovnici (1b);

v druhé fázi jsou vyrovnávány jen zbytkové chyby grafickým způsobem.

Celý postup je možno odůvodnit takto:

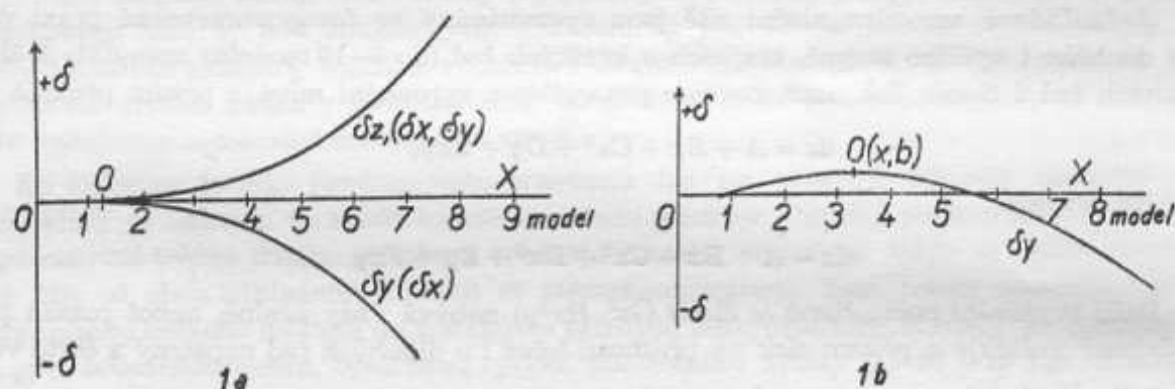
Při současných přístrojových aerotriangulacích je vždy využívána skupina opěrných bodů na počátku řady k absolutní orientaci prvního modelu, tj. k horizontování a uvedení modelu

do měřítka, a při náletech ve směru některé světové strany i k přibližnému ztotožnění směrů souřadnicového systému přístrojového se systémem geodetickým. Takový postup je výhodný, neboť výšky jsou odečítány na přístroji ve skutečné velikosti a odečítané souřadnice x , y jsou vůči geodetickým souřadnicím v jednoduchém měřítkovém vztahu. Pracovník má tedy možnost sledovat v průběhu aerotriangulace postupně narůstání diferencí mezi souřadnicovým systémem přístrojovým a geodetickým, a tím může zhruba kontrolovat svůj pracovní postup.

Růst deformací modelu snímkové řady byl sledován na 30 přístrojových aerotriangulacích (snímky měřítka 1 : 13 000 až 1 : 18 000, $f = 10$ a $f = 20$ cm, počet modelů 8 až 12, první model vždy absolutně orientován) tím způsobem, že odchylky δx na opěrných bodech

$$\delta x = X_G - X_F$$

byly vynášeny - a podobně i odchylky δy a δz - ve vhodném měřítku jako pořadnice k příslušným úsečkám x . Odchylkami na opěrných bodech byla na grafu vedena spojitá vyrovnávající křivka ve tvaru paraboly, která vlastně znázorňuje podélný profil deformační plochy v určité aerotriangulaci. Bylo konstatováno, že všech 90 takto konstruovaných křivek zachovalo v celém svém průběhu trvale buď konkávní nebo konvexní tvar. Podle polohy vůči ose x bylo možno rozdělit křivky na dvě skupiny:



Obr. 1. Schématický průběh deformací δx , δy , δz

V 85 % zkoumaných případů zachovávala křivka stejné znaménko, tj. zůstávala stále ve stejném kvadrantu, jak je znázorněno na obr. 1a. Přitom deformace δz měla vesměs znaménko kladné (převažující vliv zakřivení Země), deformace δx nejčastěji znaménko kladné (svědčí o postupném zmenšování měřítka modelu řady), deformace δy pak znaménko vcelku nahodilé (vliv nahodilého natočení prvního snímku do správného azimutu). Každou křivku je možno považovat za pravou větev paraboly, přimykající se tangenciálně k ose x nejčastěji na pravém okraji prvního modelu, někdy až v prostoru druhého nebo dokonce třetího modelu. Bod tangenciálního splynutí křivky s osou x je možno na grafu přibližně určit a lze jej pokládat za vrchol paraboly tvaru

$$dx = a x^n . \quad (3)$$

Ve zbývajících 15 % případů měnila křivka deformace své znaménko, tj. přecházela - zpravidla v prostoru prvních pěti modelů - na druhou stranu osy x , jak je znázorněno na obr. 1b. I tuto křivku je možno pokládat za parabolu s vrcholem v bodě O o souřadnicích x , b , jejichž hodnoty je možno z grafu dostatečně přesně odečíst.

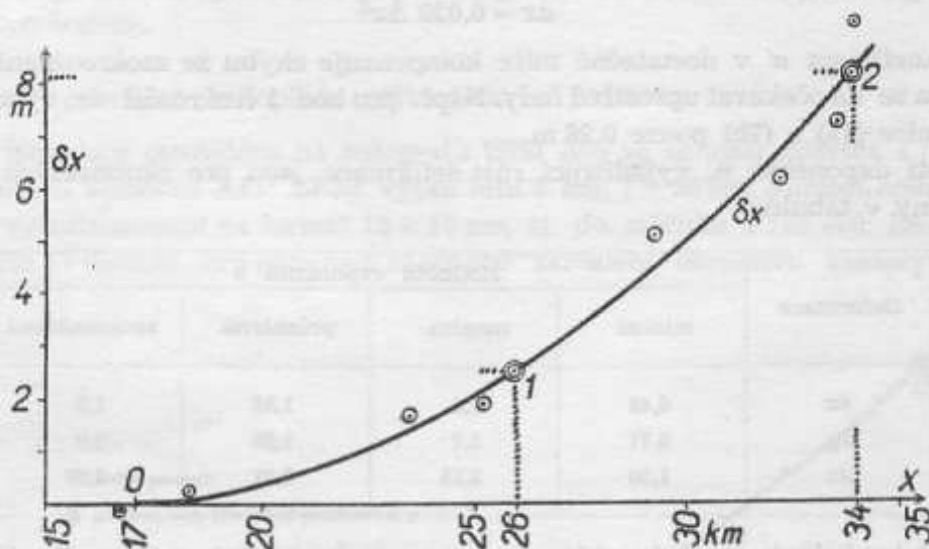
Rovnice paraboly má pak dva členy ve tvaru

$$dx = a x^n + b . \quad (4)$$

Rozdíl odchylek, působený zkroucením modelu řady a zjištěitelný na koncových opěrných bodech na horním a spodním okraji řady, bývá u přístrojových aerotriangulací poměrně malý a ve zkoumaných 30 řadách činil

- u deformace δx v průměru 1,5 m (v rozmezí 0,4 až 3,8 m),
- u deformace δy v průměru 2,9 m (v rozmezí 1,0 až 4,1 m),
- u deformace δz v průměru 1,6 m (v rozmezí 0,5 až 3,0 m),

to znamená, že deformace ze zkroucení činila maximálně osminásobek střední chyby fotogrammetrického měření. U deformace δz bylo navíc konstatováno, že růst odchylek nebývá vždy pravidelný a že u dlouhých řad může měnit dokonce své znaménko. Protože při vyrovnání podle rovnic typu (1a, 1b) je předpokládán lineární růst kroucení, je složka výškového vyrovnání vlivem zkroucení nejistým a slabým článkem všech dosavadních vyrovnávacích metod.



Obr. 2. Určení parametrů exponenciální křivky z pomocných bodů 0, 1, 2

Růst odchylek δx , δy , δz v modelu řady v podélném směru je nejčastěji progresivně stoupající a v rovnici exponenciální křivky je dobře charakterizován exponentem n . Za účelem zjištění velikosti exponentu n byly voleny na podélných profilových křivkách jednotlivých deformací dva pomocné body: bod 1 přibližně uprostřed a bod 2 poblíže konce řady. Parametry paraboly n , a jsou pak vypočítávány podle známých vzorců:

$$n = \frac{\log \delta x_2 - \log \delta x_1}{\log \Delta x_2 - \log \Delta x_1} \quad (5)$$

$$\log a = \log \delta x_2 - n \log \Delta x_2 \quad (6)$$

Tak např. u křivky na obr. 2 je úsečka počátku paraboly zaokrouhlena na nejbližší celý kilometr a body 1, 2 mají tyto souřadnice:

Bod	x	Δx	δx	$\log \Delta x$	$\log \delta x$
Počátek	517,0 km	0	0	—	—
1	526,0 km	9,0 km	+2,5 m	0,9542	0,3979
2	534,0 km	17,0 km	+8,1 m	1,2304	0,9084

$$n = \frac{0,9084 - 0,3979}{1,2304 - 0,9542} = 1,848$$

$$\log a = 0,9084 - 1,848 \cdot 1,2304 = 0,6346 - 2$$

$$a = 0,0429$$

Rovnice paraboly na obr. 2 má tedy tvar

$$dx = 0,0429 \Delta x^{1,848} \quad (7a)$$

Logaritmický výpočet této rovnice není ovšem výhodný. Pro rychlejší výpočet jednotlivých bodů na počítačím stroji je nutno zaokrouhlit exponent na hodnoty používané v mocninových tabulkách, tedy v současných podmínkách na celý násobek 0,5 ($n = k \cdot 0,5$). V rovnici (7a) zaokrouhlíme proto exponent na $n = 2$ a k novému exponentu nalezneme i novou hodnotu koeficientu a'

$$a' = \frac{\delta x_2}{\Delta x^2} = \frac{8,1}{17^2} = 0,028, \quad (6a)$$

takže rovnice pro praktický výpočet paraboly na obr. 2 bude mít tvar

$$dx = 0,028 \Delta x^2. \quad (7b)$$

Nový koeficient a' v dostatečné míře kompenzuje chybu ze zaokrouhlení exponentu n . Největší chyba se dá očekávat uprostřed řady. Např. pro bod 1 činí rozdíl dx , vypočtených dvojmo podle rovnice (7a) a (7b) pouze 0,26 m.

Velikosti exponentu n , vyjadřující růst deformace, jsou pro zkoumaných 30 aerotriangulací sestaveny v tabulce:

Deformace	Hodnota exponentu n			
	minim.	maxim.	průměrná	zaokrouhlená
δx	0,48	2,5	1,36	1,5
δy	0,71	2,7	1,85	2,0
δz	1,30	3,15	2,31	2,5

Velikost koeficientu a není uváděna, protože je ve velké míře ovlivněna nahodilým sklonem prvního modelu.

Z tabulky je patrné, že růst deformace, tj. stupeň zakřivení paraboly, se mění i ve stejných pracovních podmínkách při použití snímků z různých komor ve značném rozsahu, je tedy značně individuální pro každou řadu a určitý druh deformace. Jestliže bychom přesto chtěli určit u zkoumaných aerotriangulací nejtypičtější růst deformace, pak by nejlépe vyhovovala

pro deformaci δx . . . funkce $dx = a_1 x^{1,5}$

pro deformaci δy . . . funkce $dy = a_2 x^2$. . . parabola kvadratická,

pro deformaci δz . . . funkce $dz = a_3 x^{2,5}$. . . parabola semikubická.

Zatímco při použití vyrovnávacích rovnic (1a), (1b) je dosahováno v určité aerotriangulaci individuálního přizpůsobení deformace v podélném směru použitím několika členů (Bx , Cx^2 a event. Dx^3), se standardními exponenty $n = 1, 2, 3$, pak téměř stejného účinku může být docíleno pouze jedním členem, jehož exponent u proměnné x je volen individuálně v hodnotách $n = 0,5, 1, 1,5 \dots 3,0$. Deformace ve směru řady je pak analyticky vylučována asi v 85 % případů parabolou typu

$$dx = a \Delta x^{k \cdot 0,5}, \quad (8)$$

asi v 15 % případů parabolou typu

$$dx = a \Delta x^{k \cdot 0,5} + b, \quad (9)$$

v nichž Δx je hodnota souřadnice bodu x_i vztážená k počátku x_0 (vrcholu) paraboly, mající vždy kladné znaménko:

$$\Delta x = \pm x_i = x_0.$$

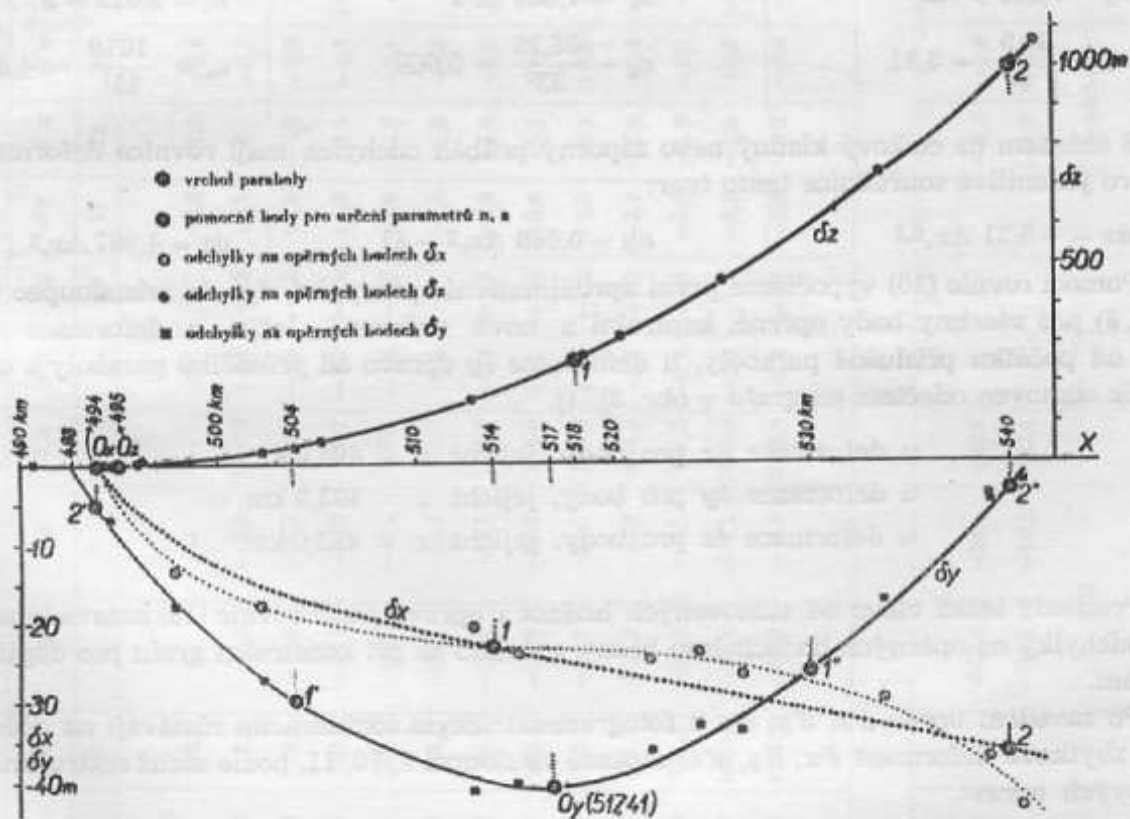
Při výpočtu oprav hodnotu Δx uvádíme ve vhodných jednotkách (hektametrech, kilometrech) a s ohledem na velikost celého členu a zaokrouhlujeme na 2 až 4 platné cifry.

K výpočtu koeficientu $\Delta x^{k 0,5}$ používáme mocninových, alespoň třímístných tabulek pro $n = 0,5, 1, 1,5 \dots 3$ (např. Matematické tabulky, vyd. Vědeckotechnickým nakladatelstvím v r. 1950). Je ovšem možno tabulky méně obvyklých mocnin $n = 1,5, n = 2,5$ sestavit pomocí počítače Z-11.

Při výpočtu oprav $d'x, d'y, d'z$ podle rovnice (8) nebo (9) zůstanou na opěrných bodech ještě zbytkové chyby $\delta'x, \delta'y, \delta'z$ které jsou způsobeny odchylným nebo dokonce nepravidelným průběhem deformace proti stanovenému matematickému vztahu (8, 9), dále zaokrouhlením exponentu a především vlivem doposud zanedbaného zkroucení a příčného sklonu deformační plochy. Tyto chyby jsou již malé a vyrovnáme je pomocí grafu konstruovaného podle zbytkových odchylek na opěrných bodech.

Výklad vyrovnání je doplněn příkladem:

Aerotriangulace provedena na autografu Wild A-5 ze snímků měřítka 1 : 25 000, pořizovaných průzkumnou komorou AFP 20/30, výška letu 5 km, $f = 20$ cm. Formát snímků 30 × 30 cm zmenšen pro vyhodnocování na formát 15 × 15 cm, tj. do měřítka 1 : 50 000. Délka řady činila 50 km při počtu 17 modelů. Pro eliminaci značného zkreslení objektivu komory byly použity



Obr. 3. Grafický průběh $\delta x, \delta y, \delta z$ a určení pomocných bodů 0, 1, 2

kompenzační desky „Topogon-100“. Prvý model uveden do měřítka 1 : 20 000 a správně horizontován. Po vynásobení přístrojových souřadnic měřítkovým koeficientem vykazoval model řady na 13 opěrných bodech odchylky $\delta x, \delta y, \delta z$, uvedené v tabulce 1 ve sloupcích 3, 4, 5. Průběh odchylek byl vynesena též graficky na obr. 3. U deformace δx objevuje se na vyrovnávací křivce (slabě tečkované) zřetelně inflexní bod; avšak podle zásady, trvalého průběhu buď konkávního nebo konvexního byla vedena opravená vyrovnávací křivka - silně tečkovaná. Konstrukce deformačních křivek má současně i ten význam, že pomůže odhalit hrubou chybu na některém z opěrných bodů, který je tak z vyrovnání včas vyloučen. Vrcholy jednotlivých parabol, souřadnice pomocných bodů 1, 2, nutných k výpočtu parametrů vyrovnávací plochy, jsou sestaveny v tabulce; u deformace δy , jejíž parabola má na grafu obě poněkud nesouměrné větve, je

volena vždy dvojice pomocných bodů, 1' - 1'', 2' - 2'', se stejnými absolutními hodnotami Δx vůči vrcholu O ; hodnota jejich pořadnice vůči vrcholu paraboly je dána průměrem, např. bod 1

$$\delta y_1 = b - \frac{\delta y_1' + \delta y_1''}{2}$$

Bod	Deformace δx			Deformace δy				Deformace δz		
	x	Δx	δx	x (v km)	Δx	δy (v m)	δy (v m)	x (v km)	Δx	δz (v m)
Vrchol	494 km	0	0	517	0	41,0	0	495	0	0
1	514 km	20 km	23,5 m	504 530	13,0	$\frac{30 + 27}{2}$	12,5	518	23,0	260,0
2	540 km	46 km	36,5 m	494 540	23,0	$\frac{5 + 3,5}{2}$	36,75	540	45,0	1010,0

Z těchto tabulkových hodnot jsou vypočteny podle vzorce (5) a (6a) parametry parabol n , a :

$$n_x = 0,529 = 0,5$$

$$a_x = \frac{36,5}{\sqrt{46}} = 5,31$$

$$n_y = 1,889 \doteq 2$$

$$a_y = \frac{36,75}{23^2} = 0,069$$

$$n_z = 2,022 = 2$$

$$a_z = \frac{1010}{45^2} = 4,987$$

S ohledem na celkový kladný nebo záporný průběh odchylek mají rovnice deformačních ploch pro jednotlivé souřadnice tento tvar:

$$dx = -5,31 \Delta x_x^{0,5}$$

$$dy = 0,069 \Delta x_y^2 - 41$$

$$dz = 4,987 \Delta x_z^2 \quad (10)$$

Pomocí rovnic (10) vypočteme první aproximativní opravy dx' , dy' , dz' (viz sloupec tabulky 6, 7, 8) pro všechny body opěrné, kontrolní a nově určované, ležící u deformace δx , δz vpravo od počátku příslušné paraboly, u deformace δy vpravo od průsečíku paraboly s osou x (průsečík stanoven odečtem na grafu v obr. 3), tj.

u deformace δx pro body, jejichž $x > 494,0$ km,

u deformace δy pro body, jejichž $x > 493,0$ km,

u deformace δz pro body, jejichž $x > 495,0$ km.

Pro body ležící vlevo od stanovených hodnot x opravy podle rovnic (10) nezavádíme; případné odchylky na opěrných bodech jsou brány v úvahu až při konstrukci grafu pro doplňkové vyrovnání.

Po zavedení oprav $d'x$, $d'y$, $d'z$ k fotogrammetrickým souřadnicím zůstávají na opěrných bodech zbytkové deformace $\delta'x$, $\delta'y$, $\delta'z$, zapsané ve sloupci 9, 10, 11, podle nichž sestrojíme graf doplňkových oprav:

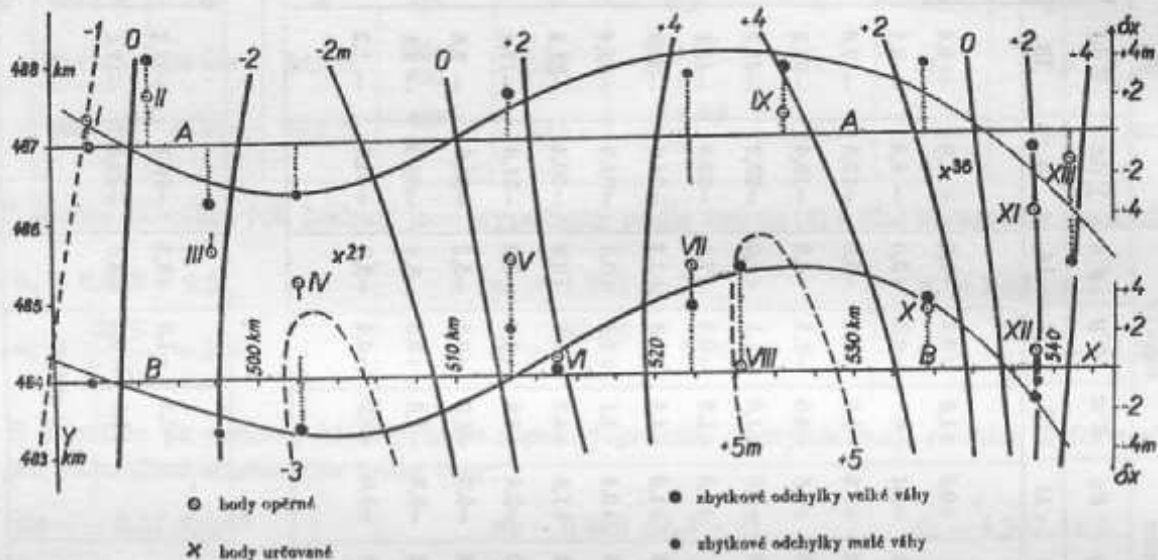
Na milimetrovém papíru vyneseme podle fotogrammetrických souřadnic x , y polohu všech opěrných bodů, přičemž pro souřadnici y je voleno měřítko větší (na obr. 4 je čtyřnásobné). Podél horního a spodního okraje snímkové řady jsou vedeny profilové řezy A , B , od nichž jsou vynášeny v kolmém směru ve vhodném měřítku zbytkové deformace $\delta'x$. Pro sestrojení horního profilu doplňkové deformace slouží opěrné body v horní polovině řady, pro spodní profil body ve spodní polovině řady. Aby bylo vzato v úvahu doposud zanedbané zkroucení a příčný sklon deformační plochy, přisoudíme zbytkovým odchylkám dvojnásobnou až trojnásobnou váhu, a to: opěrné body ležící poblíže profilové přímky musí mít váhu větší (na obr. 4 znázorněny větším plným kroužkem) než body ležící zcela na okraji nebo uprostřed snímkové řady (malé plné kroužky). Body ležící přibližně uprostřed řady mohou být použity pro konstrukci profilu horního i spodního. Odchylkami opěrných bodů je vedena - s přihlédnutím na váhu odchylek - vyrovnávací křivka, která vlastně znázorňuje v příčně zvětšeném měřítku odchylky skutečné deformační plochy od apro-

Tabulka 1

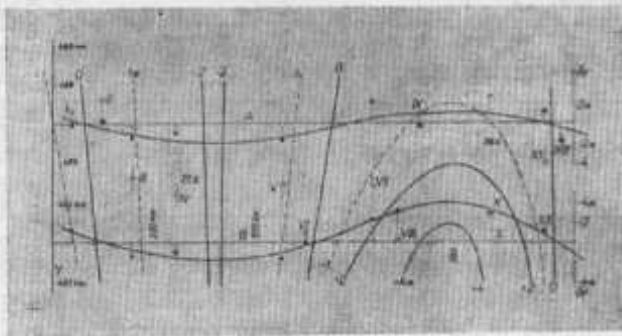
Číslo bodu	Fotogram. souřadnice	Původní hodnoty deformací			První aproximativní opravy			Zbytkové deformace			Doplňkové opravy			Celkové opravy			Chyby vyrovnání							
		x_F	δx	δy	δz	$\delta'x$	$\delta'y$	$\delta'z$	$\delta''x$	$\delta''y$	$\delta''z$	$\delta'x$	$\delta'y$	$\delta'z$	$\delta''x$	$\delta''y$	$\delta''z$	$\Sigma \delta x$	$\Sigma \delta y$	$\Sigma \delta z$	v_x	v_y	v_z	
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
I	491 785,0	0	0	0	+0,8	-	-	-	0	0	+0,8	+1,0	+0,4	+1,6	+1,0	+0,4	+1,6	-1,0	-0,4	-0,8				
II	4 740,2	-0,2	-7,3	3,6	3,6	-4,6	-7,8	+0,5	+4,4	+0,5	+3,1	0	-0,3	+2,0	-4,6	-8,1	+2,5	+4,4	+0,8	+1,1				
III	7 904,5	-13,5	-17,9	9,2	9,2	-10,6	-16,7	+0,6	-2,9	-1,2	+8,6	-1,7	-0,9	+5,5	-12,3	-17,6	+6,1	-1,2	-0,3	+3,1				
IV	502 239,9	-17,9	-27,5	30,6	30,6	-15,4	-26,7	26,1	-2,5	-0,8	+4,5	-3,0	-1,5	+4,3	-18,4	-28,2	+30,4	+0,5	+0,7	+0,2				
V	12 837,8	-20,8	-41,5	162,5	162,5	-23,3	-40,0	158,7	+2,5	-1,5	+3,8	+1,0	-1,1	+4,0	-22,3	-41,1	+162,7	+1,5	-0,4	-0,2				
VI	15 131,4	-24,4	-40,8	59,2	59,2	-24,7	-40,8	51,7	+0,3	0	+7,5	+1,8	-0,3	+7,3	-22,9	-41,1	+59,0	-1,5	+0,3	+0,2				
VII	21 900,1	-25,1	-36,8	41,7	41,7	-28,4	-39,1	39,9	+3,3	+2,3	+1,8	+4,4	+1,8	+2,7	-24,0	-37,3	+42,6	-1,1	+0,5	-0,9				
VIII	24 328,1	-24,1	-33,5	276,3	276,3	-29,6	-38,8	275,9	+5,5	+3,3	+0,4	+5,1	+3,4	+0,5	-24,5	-33,4	+276,4	+0,4	-0,1	-0,1				
IX	26 573,0	-27,0	-34,3	320,5	320,5	-30,7	-34,1	319,0	+3,7	-1,2	+1,5	+4,3	+0,9	+0,8	-26,4	-33,2	+319,8	-0,6	-1,1	+0,7				
X	33 655,2	-30,2	-17,8	461,0	461,0	-33,9	-20,8	464,4	+3,7	+3,0	-3,4	+2,9	+3,4	-3,2	-31,0	-17,4	+461,2	+0,8	-0,4	-0,2				
XI	39 028,8	-36,8	-4,8	735,2	735,2	-36,1	-6,1	740,5	-0,7	+1,4	-5,3	-1,9	+0,5	-5,3	-38,0	-5,6	+735,2	+1,2	+0,8	0				
XII	39 029,7	-37,7	-4,7	1063,9	1063,9	-36,1	-6,1	1069,4	-1,6	+1,3	-5,5	-1,9	+0,8	-5,4	-38,0	-5,3	+1064,0	+0,3	+0,6	-0,1				
XIII	540 680,6	-43,6	-2,3	1012,4	1012,4	-36,8	-0,8	1016,0	-6,8	-1,5	-3,6	-3,2	-0,4	-2,0	-40,0	-1,2	+1014,0	-3,6	-1,1	-1,6				
B o d y u r č o v a n é																								
21	504 234,5					-17,2	-34,4	+42,5				-2,5	-1,8	+5,2	-19,7	-32,2	+47,7							
36	534 726,4					-34,3	-18,2	787,1				+1,5	+0,8	-4,8	-32,8	-17,4	+782,3							
	atd.					atd.	atd.	atd.				atd.	atd.	atd.	atd.	atd.	atd.							

Poznámka: Pro vyrovnání souřadnice z byly voleny v podstatě jiné opěrné body než pro vyrovnání x, y . Společné opěrné body jsou pouze bod IV a V.

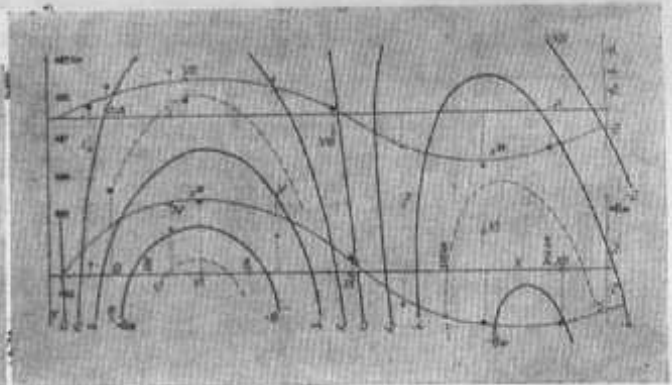
ximující matematické plochy rovnic (10). Spodní a horní profil zbytkových deformací bude mít obvykle v levé části řady shodný (až na velikost amplitudy) průběh. Větší nesouhlas obou profilů nebo dokonce opačný smysl deformace se vyskytuje až ke konci řady v případě značného zkroucení deformační plochy. Ze zakreslených profilových křivek odvodíme na přímkách A, B body stejných doplňkových oprav (na obr. 4 zvolen interval po 2 m) a spojením souhlasných hodnot na obou profilech získáme čáry stejných oprav pro celý prostor snímkové řady. Podle polohy bodů zcela přibližně vynášených do grafu určujeme doplňkové opravy $d''x$ pro všechny určované body a zapisujeme do sloupce 12, 13 a 14. Součet oprav $d'x + d''x$ dává výslednou opravu fotogrammetrické souřadnice x .



Obr. 4a. Graf doplňkových deformací δx



Obr. 4b. Graf doplňkových deformací δy



Obr. 4c. Graf doplňkových deformací δz

Obdobné grafy jsou sestrojeny i pro doplňkovou opravu $d''y$ a $d''z$ (na obr. 4 b, c v polo-
vičném měřítku).

Tatáž přístrojová aerotriangulace s použitím téhož počtu opěrných bodů byla vyrovnána na počítači Z-11 podle rovnic 3. stupně (typ (1b)) za podmínky, aby součet čtverců chyb na opěrných bodech byl minimální ($\sum v v = \min.$). Výsledky potvrdily rovnocennost obou způsobů vyrovnání co do přesnosti a jsou sestaveny v tabulce:

Způsob vyrovnání	Střední a maximální chyby na kontrolních bodech (v metrech)					
	$\pm m_x$	$v_{x \max}$	$\pm m_y$	$v_{y \max}$	$\pm m_z$	$v_{z \max}$
Analytické 3. stupně	$\pm 5,65$	-15,8	$\pm 4,03$	+18,2	$\pm 2,70$	+6,65
Analyticko-grafické	$\pm 5,08$	-13,10	$\pm 4,18$	+18,6	$\pm 2,75$	+7,00

Jako kontrolních bodů bylo použito 45 geodeticky (polohopisně i výškově) zaměřených kostelů, jejichž stavby nebo dokonce samotné věže bylo možno na snímcích identifikovat, a 25 vřícovacích bodů dřívějšího měření.

Závěr

Zatím co dosavadní metody graficko-analytické, u nás používané nebo metoda J. Zarzyckého, často užívaná v západoevropských státech při vyrovnání dlouhých aerotriangulací (viz [2] na str. 157) vyžadují nejméně dvě konstrukce pro podélné a příčné profily s poměrně velkou přesností (neboť se vychází z původních velkých odchylek), pak popsaná analyticko-grafická metoda odstraňuje převážnou část chyb jednoduchou početní operací; teprve zbytkové chyby, které v uvedeném příkladě dosáhly asi šestinásobku střední chyby měření na jednotlivém snímku, jsou odstraňovány jediným, přibližně konstruovaným grafem.

Analyticko-grafická metoda vyrovnání nepožaduje u opěrných bodů jejich standardní polohu, jako spíše jejich nadbytečný počet i v nepravidelném rozložení. Metoda dále vhodně využívá obvyklého pracovního postupu na přístroji - a to absolutní orientace prvního modelu - i případné registrace modelových souřadnic x, y, z pomocí koordinometru k aproximativnímu číselnému vyrovnání, které při použití tabulek mocnin je jednoduché a rychlé.

U deformací $\delta x, \delta y$, jejichž průběh bývá proti deformaci δz pravidelnější, často postačí k jejich dostatečnému vyrovnání pouze prvá fáze, tj. aproximativní analytické vyrovnání bez dalšího doplňkového vyrovnání grafického.

Metoda je vhodná v podmínkách, v kterých není možno použít pro vyrovnání aerotriangulací samočinných počítačů.

Literatura:

- [1] Zarzycki J., Graphische Interpolationsausgleich eines Doppelstreifens, Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, č. 7/1949.
- [2] Rapport sur résultats des travaux d'enchainement et de compensation exécutés par O. E. P. E. Photogrammetria, č. 4/1960-1961.

Inženýr Jelínek, inženýr Kuběček, inženýr podplukovník Kilberger

Příspěvek k mechanizaci vedení a rozmnožování grafické dokumentace na mapách

1. Úvod

Charakter soudobých vojenských operací, rychlé změny operačních situací, vysoká nasycenost vlastních i nepřátelských vojsk nejmodernější technikou, rychlé tempo postupu vojsk, použití zbraní hromadného ničení a jiné faktory kladou vysoké požadavky na práci velitelů a štábů všech stupňů. Z tohoto důvodu rychlé a správné rozhodnutí a jeho rychlé proniknutí k podřízeným vytváří předpoklad úspěchu. Ve všech moderních armádách probíhá proto v současné době proces automatizace velení, jehož cílem je zabezpečit rychlé pronikání informací, jejich vyhodnocení a vytvoření podmínek pro správné a rychlé rozhodnutí velitele. Přitom není opomíjena ani mechanizace prací štábu, která pomáhá snižovat neproduktivní čas štábních důstojníků a uvolňuje je pro důležitější úkoly.

Výsledky některých prací výzkumného oddělení VZÚ vedly k myšlence využít je pro mechanizaci objemné části štábní práce, kterou je zhotovování a rozmnožování grafické dokumentace především na mapách. Článek podává informaci o smyslu a způsobu správného použití vyvíjených pomůcek, s nimiž přijdou příslušníci vojenské topografické služby i ostatních druhů

vojsk do styku. Protože výzkum není zcela ukončen, může ještě dojít k některým změnám, zejména v souvislosti s výsledky zkoušek u vojsk. O některých pomůckách, materiálech a rychlých rozmnožovacích technikách, které mají vztah k řešenému tématu, se čtenář může podrobně informovat v publikacích uvedených na konci článku.

2. Navržený způsob mechanizace vedení grafické dokumentace na mapách a způsob jejího rozmnožení

Dosud používaný způsob vedení grafické dokumentace probíhá stručně řečeno tak, že zakreslení bojové situace se provede do soulepu map. Protože kresbu nelze odstranit, jsou mapy po skončení potřeby z velké části zničeny. Rozmnožování zákresu se uskutečňuje podle časových a materiálových možností v podstatě dvěma způsoby: obkreslením (manuální prací několika kresličů) nebo ofsetovým tiskem, popř. diazotypicky (dosud se málo používá).

Navržený způsob zlepšení grafické dokumentace a způsob jejího rozmnožení na mapách obsahuje řadu nových prvků. Počítá s využitím plastických hmot, nových druhů kreslicích prostředků a s úpravou klasických rozmnožovacích technik pro bojové účely. Je rozdělen na tyto etapy:

a) Ovrstvení a impregnace map

Mapy jsou a dlouhou dobu ještě zůstanou základním podkladem pro řízení bojové činnosti vojsk. Proto bylo prvním požadavkem zvýšit jejich odolnost a to nejen proti povětrnostním účinkům, ale i proti mechanickému poškození při jejich používání a zvláště umožnit jejich několikanásobné pokreslování. Roztoucí sortiment plastických hmot na našem trhu dává různé možnosti úpravy map. Na základě výsledků dlouhodobých zkoušek byly vybrány tyto způsoby:

- ovrstvení map polyetylénem (PE),
- impregnace map roztokem polyvinylacetátu (PVAc).

Oba způsoby jsou určeny převážně pro práci štábů. Výrobně jednodušší je poslední způsob, který mohou použít i útvary a impregnaci mohou provést vlastními prostředky.

b) Pokreslování ovrstvených nebo impregnovaných map

Mapy ovrstvené plastickými hmotami nelze pokreslovat běžnými způsoby. Přitom je požadováno, aby se kresba též dala odstranit. Proto byly vyzkoušeny kreslicí prostředky, které je možné použít na mapách ovrstvených uvedenými plastickými hmotami a které vyhovují i požadavkům fotografické a diazotypické reprodukce. Jsou to:

- voskové tužky,
- knotové tužky.

Kresba vojskových značek, nápisů a různých textů je poměrně časově náročná. Byla zkoušena možnost, jak mechanizovat i tuto část prací. Značky, číslice, zkratky, menší nápisy a texty se místo vykreslování vylepí jako „suchý obtisk“. Suché obtisky budou uschovávány ve zvláštních zásobnících (albech).

Při práci na mapách lze použít s výhodou vysoce transparentní fólii polyethylentereftalátu (PET). Zákres voskovými nebo knotovými tužkami a vylepení suchých obtisků značek a nápisů se pak nemusí provádět přímo na upravených mapách, nýbrž na této fólii, která je na mapách uchycena lepicí páskou. Vykreslená situace se potom fotograficky dokumentuje tak, aby ji bylo možno podle potřeby zpětně promítat. Fólii PET je pak možné uschovat jako utajovaný dokument ve zvláštních obalech nebo zákres a suché obtisky odstranit a fólii znovu použít. Fólie PET slouží zároveň jako předloha pro další rozmnožování.

c) Rozmnožování zákresů

Vzhledem k současnému materiálovému vybavení a požadavkům na rychlost a jednoduchost práce je vhodné rozmnožování provádět těmito způsoby:

- diazotypicky
- sítotiskem.

Kromě uvedených způsobů se počítá v blízké době ještě s využitím xerografického rozmnožování a zkouší se využití barevné hektografie. Protože tyto rozmnožovací techniky nejsou ještě prakticky vyzkoušeny a není dokončen vývoj potřebných zařízení, článek o nich nepojednává.

Pokračující proces automatizace velení vojskům přinese postupně modernizaci způsobu přenosu grafické dokumentace na mapách. V sovětské armádě i v některých armádách kapitalistických se používá například televizní přenos. Zkouší se využití samočinných počítačů, u nichž výstupní zařízení, xerografická tiskárna s obrazovkou typu Charactron, je schopné získané údaje vytisknout na papír, popř. do mapy. Přesto však žádná armáda neopomíjí rozvíjet a zdokonalovat základní tiskové reprodukční metody.

3. Způsoby úpravy map a jejich popisování

3.1 Ovrstvování map polyetylénem (PE)

Mapový papír (mapa) vrstvený PE je možno považovat za jeden z nejlepších způsobů ochrany povrchu papíru, technologii jeho výroby pak za velmi elegantní a ekonomicky výhodnou. Dokladem toho je skutečnost, že z celkové světové výroby PE se 15 % zpracovává pro vrstvení papíru, kartonů a lepenek.

V ČSSR se poměrně v krátké době plně vyrovnali s touto výrobní technologií v n. p. *Tapa* (Jihočeské papírny v Táboře, kde vyrábějí na tuzemském zařízení polyetylénem ovrstvený papír, který se zahraničním výrobkům ve funkčních vlastnostech i v estetickém vzhledu plně vyrovná. Ovrstvování papíru se provádí kontinuálně v pásu, což zpočátku značně ztěžovalo hromadné ovrstvování map. Jednotlivé mapy se pokládají na pás méně hodnotného vodícího papíru, se kterým se mapa společně ovrství. Po ovrstvení se pás rozřeže podle formátu map. Mapy nesmějí být přeložené, nesmějí mít nadměrné množství záhybů a vrásek. Šířka vodícího válce je 79 cm, efektivní šířka nánosu PE je maximálně 70 cm. Šířka hubice, kterou se PE vytlačuje, je 76 cm. Pro daný stroj je nutno tato kritéria dodržovat. Nejekonomičtějším způsobem je ovrstvování map slepených do pásu. Potom odpadá použití vodícího papíru. Tohoto způsobu bylo s úspěchem použito k ovrstvení nové automobilní mapy ČSSR měřítka 1:400 000 vydané vojenskou topografickou službou. Nejvhodnější nános PE pro ovrstvování map je 25-30 g na m². Vrstvička PE umožňuje obvyklou manipulaci s mapou. Navíc se zvýší počet dvojohybů, získá se odolnost vůči vodě, zvláště při oboustranném ovrstvení. Všeobecně se prodlouží životnost map, což má význam pro použití v polních podmínkách. (Podobnou technologii jako n. p. *Tapa* používá n. p. *Lina C.* Skalice k ovrstvení textilu a papíru PE vyšší gramáže).

Jednostranně ovrstvené mapy lze podlepovat. Mapy ovrstvené oboustranně lze spojovat ve větší komplety samolepicí páskou. Pásku je možné sejmout a komplet rozdělit opět na jednotlivé listy.

Další uvažované zvýšení počtu ovrstvených map bude v budoucnu podporováno plánovaným rozsáhlým rozšířením výroby PE v ČSSR. Z ostatních příznivých okolností je to stále se snižující cena PE, která již dnes leží značně pod cenou celofánu. V současné době stojí 1 m² jednostranně ovrstvené mapy cca 0,70 Kčs.

Vzhledem k tomu, že ovrstvením mapy PE se stal její povrch hladkým, a tudíž nezpůsobilým pro popisování normálními kreslicími prostředky, byly pro kresbu navrženy voskové tužky, které jsou výrobkem n. p. *Koh-i-noor* v Českých Budějovicích. Jsou zatím označeny jako Grease Pencils 401/1-6 nebo 92/1-6.

Kromě standardních barev (černá, bílá, červená, žlutá, zelená, modrá) jsou ve vývoji i další odstíny, kterými budou sady doplněny. K pohodlnější manipulaci a aby se zabránilo ulamování špiček voskových roučků, jsou sady ještě vybaveny speciálními držátky. Kresbu je možno z ovrstvené mapy lehce odstranit benzínem, popřípadě i tampónem ovlhčeným vodou.

Použije-li se pro popisování a pokreslování knotových tužek, odstraní se kresba lihem nebo toluenem podle rozpustidla, které je v náplni knotové tužky použito.

3.2 Impregnace map polyvinylacetátem (PVAc)

Lihový roztok PVAc je zaveden již delší dobu na některých pracovištích MNO pro lepení map. Tato termoplastická hmota vyniká svojí lepivostí a jí impregnovaná mapa odolnosti vůči vodě. Kromě lepení papíru hodí se k lepení dřeva, skla, tkanin apod. Pro lepení map používá se ve formě hustého 20-25 %ního lihového roztoku. Slep je velmi pevný a lze ho zrušit ovlhčením denaturovaným lihem.

Zředí-li se hustý roztok PVAc lihem s příměsí 1-2 % vody na koncentraci cca 5 %, získá se impregnační roztok. Jeho nános na mapách činí je odolnými vůči vodě a zvyšuje jejich životnost. Roztok se nanáší širokým plochým štětcem, tampónem, nebo se mapy v roztoku máčejí. Jelikož lih poměrně rychle téká, je impregnace velmi rychlá. Na vytvořený film PVAc nelze kresbu provádět normálními kreslicími prostředky. Proto se používají voskové tužky a k odstranění kresby benzín. Popisuje-li se knotovými tužkami, nelze kresbu dobře odstranit ani benzinem, ani jinými rozpustidly. Tuto okolnost je třeba zvážit při výběru vhodného způsobu úpravy map.

Povrch impregnovaných map není lesklý a slabý nános PVAc umožňuje normální zacházení s mapou. Mapy lze podlepit obvyklým způsobem. Na mapu impregnovanou PVAc je možné použít suché obtisky.

3.3 Použití polyetylentereftalátu fólie PET pro kresbu na mapách

V celé řadě průmyslově vyvinutých států se vyrábějí fólie z polyetylentereftalátu, které pro svoje vynikající vlastnosti nacházejí upotřebení ve všech průmyslových odvětvích. Setkáváme se s nimi pod různými obchodními názvy jako: Montivel, Hostaphan, Melinex PET apod. Tyto tzv. polyesterové fólie, které se vyrábějí v tloušťce 0,006-0,1 mm, jsou houževnaté, zůstávají pružné a stále v teplotním rozmezí -60° až $+150^{\circ}$ C. Jsou nepropustné pro většinu anorganických i organických látek. Ve srovnání s celofánovými nebo acetátovými fóliemi (např. ultrafán) je jejich pevnost v tahu až 3krát větší. Celulózové materiály vydrží jen několik málo set ohybů před úplným zničením, polyesterová fólie snese za týchž podmínek přes dvacet tisíc ohybů. Pevnost v rázu je 3krát až 4krát větší než u jakéhokoli jiného známého materiálu vyrobeného z plastických hmot. Fólie PET je méně hořlavá než fólie celofánová nebo acetátová. Upotřebení má mnohostranné, zvláště pro svůj dokonalý povrchový lesk.

V CSSR se tato fólie vyrábí v n. p. *Fatra* v Moravském Berouně v tloušťce 0,02-0,04 mm. Šířka pásu je 100 cm. Fólii PET lze uplatnit při kreslení na mapách. Kresbu taktické situace je možno provádět na fólii buď voskovými nebo knotovými tužkami. V obou případech lze kresbu snadno odstranit týmž způsobem jako z map ovrstvených PE.

Vykreslené fólie je možno archivovat, popřípadě z nich provést fotografický snímek a pak kresbu smýt. Vzhledem k tomu, že je fólie dokonale čirá, je možno pokládat na sebe několik fólií, aniž jejich tloušťka je na závadu čitelnosti. Fólie se na mapy připevňují samolepicí páskou, popř. drží svým elektrostatickým nábojem. Kromě kresby je možno na fólie vylepovat suché obtisky, popř. provádět tisk technikou sítotisku nebo knihtiskem. V tomto případě je vhodné chránit tisky proti mechanickému poškození slabým filmem vytvořeným 5 %ním lihovým roztokem PVAc.

Jednotlivé fólie není možno k sobě lepit žádným lepidlem. Spojování se proto provádí samolepicí páskou. V současné době 1 m² fólie PET tuzemské výroby tloušťky 0,04 mm stojí 6 Kčs.

3.4 Knotové tužky

Tato pomůcka byla podána jako zlepšovací návrh v r. 1962, který byl brzy využit a zaveden. V principu jde o využití vysoké adheze některých rozpustidel k podložkám, zejména k papíru, pro něž byl tento prostředek nejdříve zaveden.

Jestliže se v daném rozpustidle rozpustí ve vhodné koncentraci příslušné barvivo, je možno takto vzniklý roztok použít ke kresbě plstěným knotem. Ten se napojí roztokem a podle tvaru příříznutého konce je jím možno kreslit čáry různých šířek. Roztok vniká při kresbě ihned do

vláknité struktury papíru a kresba je okamžitě suchá a nerozmazává se. To je také hlavním účelem knotové tužky.

Aplikacemi bylo zjištěno, že kromě papíru lze popisovat všechny porézní látky, např. dřevo, textil, kůži apod. Protože používaná rozpustidla mají velkou adhezi i k neporézním látkám, je možno tužkami kreslit na skle i na plastických hmotách (PVC, PE, PET, polystyrenu, derivátech akrylové kyseliny apod.). Této vlastnosti se nyní využívá ve štábní praxi při kresbě na impregnované mapy nebo na mapy chráněné fólií PET. V tomto případě již bylo třeba přihlídnout ke složení barvicího roztoku. Bylo nutno volit takové rozpustidlo, které by svými vlastnostmi umožňovalo kresbu rychle schnoucí a nerozmazávající se. Rozhodující pro schnutí rozpustidla je jeho bod varu a to ovlivnilo výběr vhodného druhu. Tato okolnost neplatí pro porézní materiály.

Knotové tužky, které k nám dosud byly dovezeny ze zahraničí, byly založeny na použití xylénu. V tomto rozpustidle byla rozpuštěna většinou barviva označená jako sudanová. Paleta těchto barviv je pro použití v knotových tužkách poměrně úzká, avšak všechny základní odstíny se vyrábějí. Náš chemický průmysl vyrábí jen odstíny hnědé, červenohnědé, oranžové a žluté. Označuje je jako barviva rezinolová. Ostatní odstíny se dovážejí. Tužky zhotovené ve výzkumném oddělení VZÚ měly se zahraničními shodné vlastnosti. Vždy bylo použito nasycených roztoků barviv v xylénu. Kresba na porézních materiálech rychle schne a nedá se odstranit.

Aby bylo možno běžně vyrábět knotové tužky s výraznými odstíny bez dovozních potíží, přistoupilo se k výměně základního rozpustidla xylénu za alkohol. Ze zkoušených byl vybrán nakonec etylalkohol. Touto záměnou nenastaly v kreslicích vlastnostech žádné podstatné změny. Vpíjení kresby do papíru je stejně rychlé, kresba se nerozmazává. Byly vyrobeny tyto barvy: červená, černá, modrá, zelená, žlutá, hnědá a fialová. Je možné vyrobit i jiné barevné tóny, neboť barviv rozpustných v alkoholech je mnohem více než barev rozpustných v xylénu. Kresba je podstatně výraznější a tóny mnohem živější. Výsledky jsou uspokojivé jak na porézních podložkách (papír), tak i na podložkách neporézních (PE, PET apod.). Nevýhodou je, že světlostalost těchto barviv není taková jako u sudanových barviv, což však pro kresbu na mapách není na závadu.

Podstatně obtížnější než vývoj náplně je realizace vlastní kreslicí pomůcky. První tužka dovezená z USA byla prostá skleněná lahvička, uzavřená zátkou z plastické hmoty, jejímž středem procházel plstěný knot obalený uvnitř volně vatou. Celá náplň byla napojena roztokem barviva. Mimo vatu nebyl žádný přebytek kapaliny. Aby se zabránilo odpařování rozpustidla a znečištění okolí, byla lahvička uzavřena čepičkou z plastické hmoty. Tužka byla naplněna sudanovým barvivem rozpuštěným v xylénu, doplnění nebylo možné. V obdobné formě se objevily na našem trhu koncem r. 1963 knotové tužky pod značkou „FIX“ (výrobek n. p. Technické sklo). Rozdíl je pouze v tom, že tužka FIX je hliníková. Během roku 1963 byla zkoušena celá řada typů zahraničních tužek. Některé velmi jednoduché odpovídající již popisovaným, jiné složitější, umožňující doplňování náplně. Většina byla založena na vzlínavosti roztoku barviva, jímž byla napojena vata obklopující kreslicí knot. Zajímavé řešení bylo dodáno z Maďarska. V tělese tužky je přímo zásobník roztoku. V tomto případě se knotová tužka funkčně podobá plnicímu peru.

Ve výzkumném oddělení VZÚ byly v r. 1962 vyvinuty dva typy knotových tužek:

a) Tužka skládající se z čepičky, z části vedoucí knot, z části obsahující vatovou náplň a z uzavěrového víčka. Délka knotu je rovna délce tužky, tj. 13 cm. Díly jsou z duralu a jsou spojeny závity s těsněním z PE, čímž se zamezuje vytékání roztoku barviva na povrch tužky. Tužka je regenerovatelná, plní se po odšroubování uzavěrového víčka příslušným množstvím roztoku barviva. Kapacita tužky: s obsahem 0,6 g vaty a při počátečním naplnění 1,5-1,8 cm roztoku barviva vytvoří čáru dlouhou 150 m při alkoholové náplni a 80 m při xylénové náplni. Ke zvýšení kapacity je třeba pouze základní průměr tužky rozšířit. Tužka plně vyhovuje všem potřebám, cena jednoho kusu je cca 18 Kčs.

b) Jednoduchá regenerovatelná tužka. Skládá se z duralové trubičky o průměru 1 cm a délce 13 cm. Touto trubičkou prochází plstěný knot obalený vatou. Na špičce tužky je knot veden uzávěrem z PVC pevně naraženým do trubičky. Knot je chráněn gumovou čepičkou. Závěr tužky je korkový. Kapacita tužky i její plnění jsou shodné s předešlým typem. Doplnění roztokem barviva se provádí injekční stříkačkou zepředu. Tyto tužky byly již zhotoveny ve větším množství a předány některým složkám MNO a vojenským útvarům k využití. Nevýhodou je, že jsou značně citlivé na přeplnění vatové zásobní náplně. Jestliže se překročí optimální dávka, hrozí nebezpečí znečištění rukou kresliče. Tato nevýhoda se však projevuje i u většiny zahraničních tužek. Cena tužky je cca 3,90 Kčs. Podle dosavadních zkušeností je jisté, že knotové tužky našly plné uplatnění při práci štábů. Nyní se pracuje na zdokonalení konstrukce tužky, která by neměla uvedené nedostatky a vyhovovala plně všem požadavkům, které jsou na ni kladeny.

3.5 Suché obtisky

Dosud bylo nutné při vykreslování taktické situace do map zdržovat se kreslením stále se opakujících značek a popisů. Suché obtisky umožňují zvýšit produktivitu práce kresličů tím, že značky není nutno kreslit, nýbrž je možno je sejmut samolepicí páskou z polyetylenové fólie, na které jsou natištěny, a vlepít na příslušné místo. Vlepené značky je možno na impregnované nebo ovrstvené mapě snadno přemísťovat a po ukončení práce z mapy odstranit, popř. znovu použít. To je podstatnou výhodou suchých obtisků.

Suché obtisky jsou založeny na principu, že PE bez předchozí povrchové úpravy neudrží tisk. Při běžné tiskové praxi se zkoušky soudržnosti tisku na PE provádějí tak, že se na tisk přiloží samolepicí páska. Je-li soudržnost dobrá, musí po jejím odtržení tisk zůstat na PE. Jestliže se povrch PE neupraví, lze vždy po zaschnutí barvy tisk páskou sejmut. To je základem suchých obtisků.

Poněvadž ofsetový tisk na PE nedostatečně kryje a je poměrně technicky obtížný, je mnohem výhodnější použít sítotisku. Ten dává tisky vyhovující kvality. Při zhotovování obtisků se postupuje tak, že se tisková matrice připraví z vhodného diapozitivu značek foto-mechanickým přenosem na síto. K tisku se používá běžných sítotiskových matných barev. Při zkouškách bylo zjištěno, že některé barvy se po zaschnutí podstatně lépe snímají. Tak např. červená č. 80-8-30 poskytuje snímatelné tisky již po 6 hodinách. Tisky zhotovené z neupravené černé barvy č. 80-9-20 však lze snímat až po 1 měsíci. Rychlost snímatelnosti lze ovlivnit přidáním tekutého kobaltového sušidla v množství od 0,5 do 1,5 % na váhu barvy. Při dodání 1 % sušidla se uvedená černá barva snímá již po 6 hodinách. Příliš rychlé schnutí není výhodné, způsobuje později samovolné odlupování značek od PE a nadměrnou křehkost tisku.

Jak bylo vyzkoušeno, budou značky před použitím přeneseny z PE na samolepicí pásce odpovídající šířky (vyrábí se v n. p. Fatra Napajedla v šíři 1,7-10 cm) do zásobníků. Odtud se snadno vyjmou a po ukončení práce se mohou zase vrátit zpět. Při zhotovování značek bude pamatováno i na četnost použití jednotlivých typů apod. Předpokládá se, že základní typy značek budou vyráběny centrálně. Kromě toho si každá složka nebo útvar mající sítotiskové zařízení může zhotovit snadno jakékoli značky podle vlastní volby. Polyetylenovou fólii, z níž byly značky sejmuty, je možno znovu potiskovat.

Náklady na výrobu suchých obtisků jsou nepatrné; 250 archů obtisků formátu 45 × 45 cm stojí 45 Kčs, tj. jeden arch 0,18 Kčs.

Dále se počítá ještě s tím, že budou do zásoby zhotoveny i velké nápisy pro popis map. Tyto texty nebudou používány formou suchých obtisků, nýbrž budou natištěny na fólii PET, která se pak na příslušné místo impregnované nebo ovrstvené mapy připevní samolepicí páskou.

4. Způsoby rozmnožení grafické dokumentace

4.1 Diazotypické rozmnožování

Známou rozmnožovací technikou je diazotypie. Umožňuje provést kopie na papír, průsvítku nebo film rychle a kvalitně a splňuje jeden důležitý požadavek - suché rozmnožování.

Je to umožněno tím, že osvětlíme diazotypický materiál pod pozitivní maskou světlem bohatým na ultrafialové paprsky. Tím se na osvětlených místech diazolátka rozruší a ztratí možnost a schopnost vytvářet barvu. Zabarvení vzniká vystavením zachovaného diaza parám amoniaku (čpavku). Celý proces probíhá na světle denním i umělém, což je jeho velkou výhodou. Amoniak lehce a rychle z papíru vytéká, aniž ho poruší nežádoucím zabarvením nebo deformací plochy. Nevýhodou je, že vlivem jednostranného polevu se zpracované kopie kroutí.

Pro rozmnožování bojových grafických dokumentů používá se diazotypický papír např. tuzemské značky „Diazid“ nebo transparentní „Azofólie“. Barva papírů je černá, červená, modrá a hnědá, fólie má barvu kresby jen hnědou. V současné době se vyrábí transparentní čpavkový papír „Opacit“, který je zvýhodněn proti dřívější výrobě tím, že má emulzní polev na obou stranách, takže je zabráněno kroucení hotové kopie. Využití je třeba provádět z obou stran. Diazotypické transparentní materiály jsou pro nás výhodné tím, že je můžeme použít jako matrice, neboť hnědé barvivo má vysokou filtrační schopnost. Provádíme-li rozmnožování grafické dokumentace z fólie, pořídíme nejprve kopii na transparentní papír, originál použijeme k dalšímu vyhodnocování a kopii - matici k dalšímu rozmnožování. Tím se celá operace značně zrychlí.

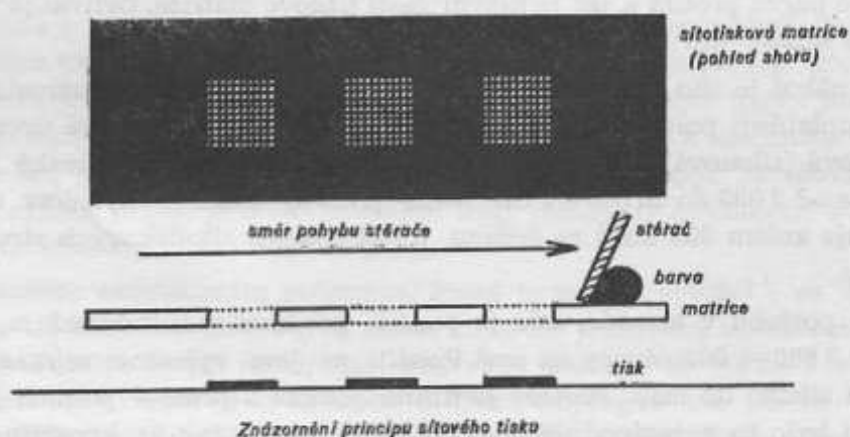
Diazotypické rozmnožování se v současné době provádí na poloautomatickém stroji čs. výroby typu KVS, který má osvětlovací a vyvíjecí zařízení v jednom panelu. Tento stroj byl též instalován ve skříňovém automobilu Praga V3S a zkoušen v polních podmínkách. I když se dosáhlo celkem dobrých výsledků, v současné době se ukazuje, že tento typ stroje není pro polní podmínky plně vyhovující.

Diazotypicky je možno rozmnožovat i vykreslenou mapu. Je však třeba ji učinit transparentní promaštěním, aby se zvýšil kontrast kresby. Vlastní náplň mapy však značně zhoršuje přehlednost nadstavby mapy. Nejlepší výsledky byly docíleny při rozmnožování z fólie PET se zákresem taktické situace.

Má-li se rozmnožovat text psaný strojem, doporučuje se před psaním vložit pod průsvitku uhlový papír vrstvou k průsvitce a zvýšit tak krytí textu. Čím je originál kvalitnější, tj. čím je kresba sytější a čím podklad více propouští světlo, tím je kopie kvalitnější. To je obecná zásada při diazotypickém rozmnožování.

4. 2 Sítotisk

Skutečným přínosem pro zvýšení produktivity práce a pro její mechanizaci je využití síťového tisku jak v polních podmínkách, tak zejména ve stabilních kreslárnách. Dnešní stav je takový, že doplnění operační situace do map se provádí ponejvíce ručně dokreslováním nebo v tiskárnách ofsetovým tiskem.

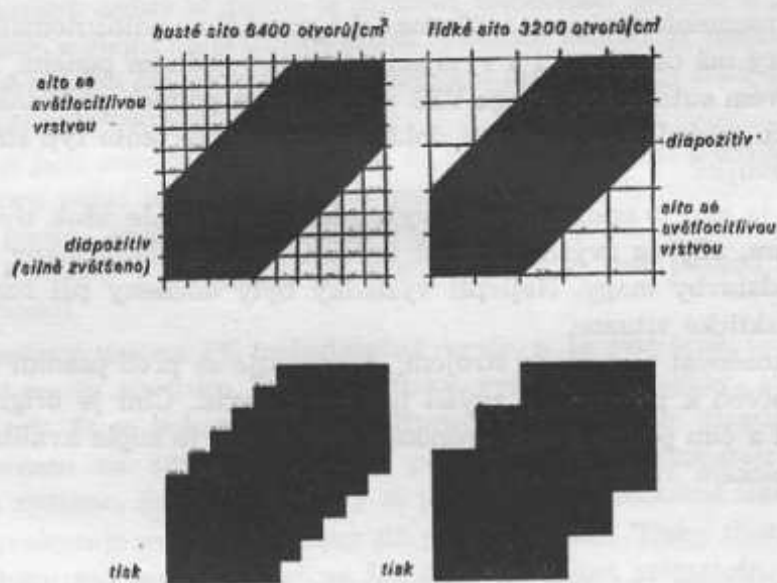


Obr. 1. Grafické znázornění principu síťotisku.

Oba způsoby mají celou řadu nevýhod. Ruční kresba vyžaduje značné personální obsazení pro zvládnutí daných úkolů, ofsetový tisk je sice podstatně rychlejší avšak není dostatečně mobilní. Splnění úkolu je závislé na okamžitém stavu a práci tiskárny. Podstatnou nevýhodou je,

že při ofsetovém tisku přijde do styku s tajnými dokumenty poměrně mnoho nepovolaných pracovníků a je nutný dozor. Jestliže se použije sítotisku na vlastním pracovišti, dozor odpadá a utajení práce se zvýší. V rámci tohoto informativního článku není možné probrat problematiku sítotisku úplně. Podrobnější článek bude uveřejněn v některém nejbližším čísle „Vojenské techniky“. Výzkumné oddělení VZÚ se zabývá problematikou sítotisku řadu let a jsou vypracovány závěrečné zprávy zabývající se sítotiskem podrobně. Laboratorními, poloprovozními i provozními zkouškami bylo mnohokrát zjištěno, že sítotisk je v nákladech do 100 kusů hospodárnější než ofset a proti ručnímu kreslení zvyšuje produktivitu práce několikanásobně.

Sítotisk je možno označit za tiskovou techniku s univerzálním použitím. Principem je protírání barev danou šablonou zpevněnou jemným sítím (odtud název). Není těžké pochopit, že je možné potiskovat prakticky každou rovinnou podložku, tj. papír, kůži, textil, sklo, plech, plastické hmoty (PE, PET, apod.) atd. Je třeba pouze volit vhodné barvy, aby jejich soudržnost s podložkou nebyla mechanickými zásahy porušována. Kromě rovinných předmětů se dnes sítotiskem potiskují i předměty sférické (např. láhve), což je z hlediska tisku zvláštností.



Znázornění vlivu hustoty síta na kvalitu tisku (200x zvětšené)

Obr. 2. Znázornění vlivu hustoty síta na kvalitu tisku.

Síto, jímž se barva protírá a jež je hlavní částí tiskové matrice, ovlivňuje výslednou kvalitu tisku. Čím je hustší, tím kvalitnější tisk (viz obr. 2).

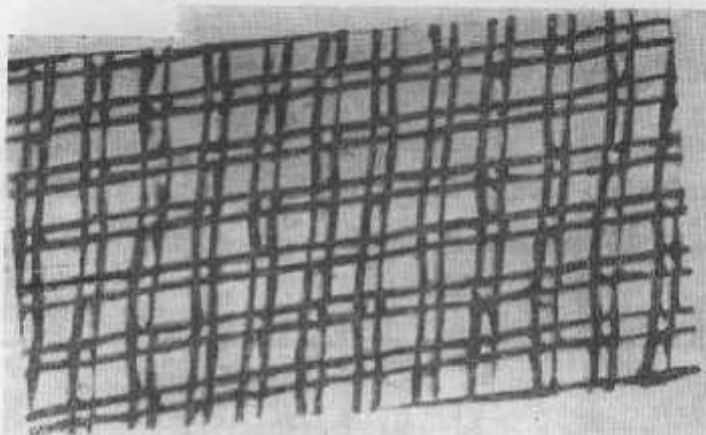
Materiál, z něhož je síto zhotoveno, může být různý. Nejvíce se používalo hedvábi, nyní se mnohem více uplatňují polyamidy (nylon, silon, dederon) v monofilové úpravě (viz obr. 3). Vhodná polyamidová (silonová) síta vyrábí v ČSSR n. p. Hedva v Moravské Třebové. Počet otvorů se pohybuje od 2 000 do 20 000 na cm^2 podle potřeby tiskaře. Rychlost tisku při ruční obsluze se pohybuje kolem 300 kusů za hodinu, u tiskařských sítotiskových strojů pak je 2 000 až 4 000 za hodinu.

Pro běžnou potřebu v armádě, kde je použití poněkud odlišné než u běžných tisků, postačí materiál s 3 000–8 000 otvory na cm^2 . Použití se jeví výhodné zejména k provedení dotisků taktických situací do map. Protože je nutno počítat s prací v polních podmínkách, je třeba, aby zařízení bylo co nejjednodušší, s ruční obsluhou. I tak je kapacita taková, že lze výhodně časově zvládnout např. zhotovení třibarevného dotisku do 750 map 12 nomenklatur, což pro tři barvy je zhruba 1 500 tisků. Počítá-li se pak celkový čas potřebný jak k tisku, tak k celé manipulaci a přípravě matrice, je zapotřebí pro jednu mapu 6 minut. Srovná-li se tato doba s časem potřebným k ručnímu vykreslení situace do mapy, je jasně patrná výhoda. Ani

ofsetový tisk není v nákladech do 100 kusů rychlejší. Kvalita tisků je vždy dobrá a převyšuje ruční kresbu. Počet pracovníků je nižší než počet pracovníků nutných při ofsetovém tisku, což je patrné z následujícího přehledu:

<i>sítotisk:</i>	<i>ofsetový tisk (s technologií předcítlivých desek)</i>
2 kresliči	2 kresliči
2 pomocníci	1 brusič desek
1 tiskař	1 pracovník zcitlivující desky
	1 kopista
	1 tiskař (strojmistr)
	1 pomocník
celkem 5 pracovníků	celkem 7 pracovníků

Konečná čísla není ještě možno uvést. Závisí v první řadě na zkušenostech pracovníků a hlavně na organizaci práce. Je jisté, že v průběhu dalšího zavádění se dosáhne ještě dalších časových úspor.



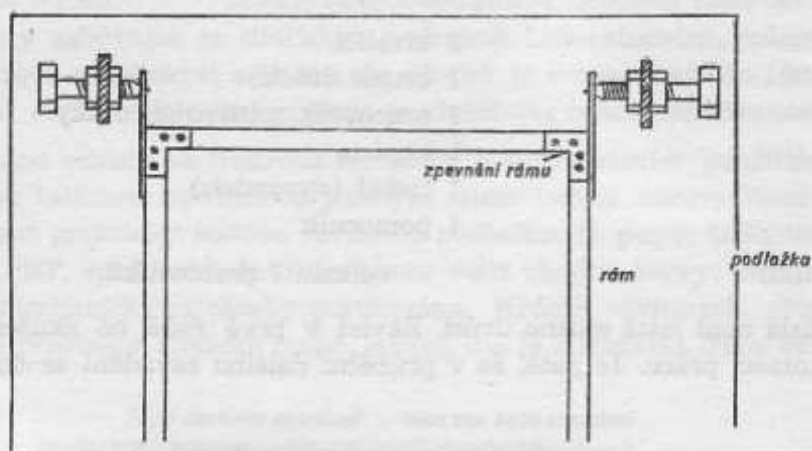
Obr. 3 Nylonová monofilová tkanina (zvětš).

Nemalou předností je také okolnost, že pro sítotisk není zapotřebí vyučeného odborníka. Postačí krátkodobé školení a pracovník je schopen dále se vypořádat s problematikou sám. To ovšem neznamená, že je sítotisk naprosto snadný. Právě tento názor byl mnohdy příčinou nezdarů a někdy i důvodem, pro který se od sítotisku odstoupilo. Je třeba si především uvědomit, že práci může vykonávat jen schopný, přesný a pořádku dbalý pracovník. Práce s tiskovými barvami není příjemná a je nebezpečí znečištění oděvu a pracovního prostředí. To je jedna z nevýhod každého druhu tisku. Další nevýhodou je poměrně malá odolnost síta proti mechanickému poškození (protržení). Hlavní potíží je nárok na prostor. Sítotiskové barvy jsou totiž při tisku nanášeny na podložku v silné vrstvě, což prodlužuje dobu nutnou k zaschnutí. Proto nelze tisky pokládat na sebe ani je prokládat, nýbrž je třeba je rozkládat nebo zavěšovat. I když barvy schnou poměrně rychle, přesto je nutné ponechat tisky rozloženy minimálně 5 minut. Pak je již možné klást je na sebe v množství 10–20 kusů.

Nejjednodušším sítotiskovým zařízením, které je možno vyrobit i ve vlastních podmínkách, je soustava tří nebo více dřevěných ráků, které lze jednotlivě upevnit na dřevěné tiskové podložce (obr. 4). Protože se při manipulaci síto vždy dostane do styku s vodou, je vhodné, aby byl rám vyztužen z rozích proti kroucení a dřevo impregnováno lakem. Velikost ráků je dána velikostí požadované tiskové plochy. Je nevhodnější, jestliže rám přesahuje maximální rozměry tiskové plochy o 15–10 cm na všech stranách.

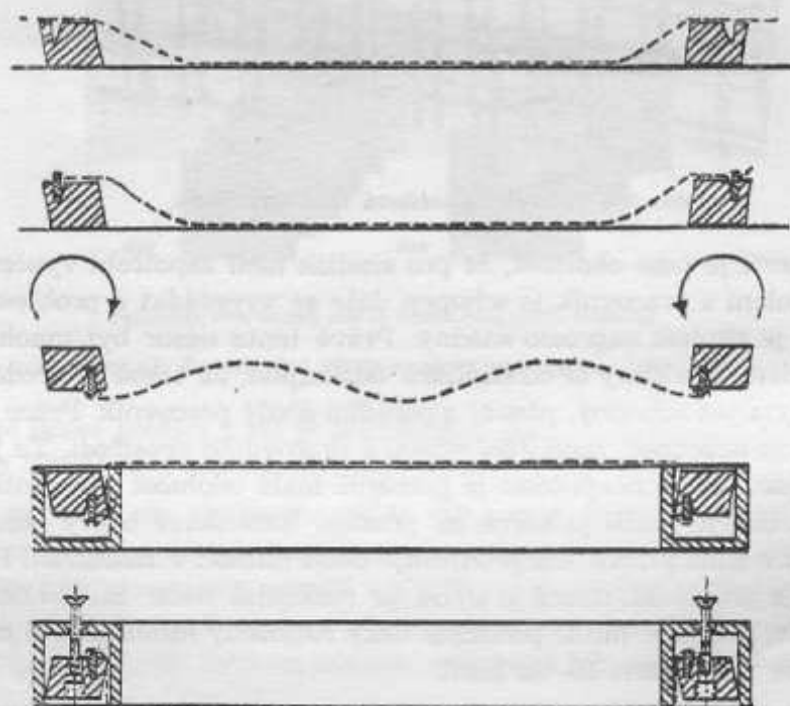
Síto se napíná a připevňuje k dřevěnému rámu kancelářskou sešívačkou. Zařízení je jednoduché a při dobrém zacházení vydrží dlouho. Výměna síta je poměrně obtížná a zdlouhavá.

Z toho důvodu byl ve spolupráci s VÚ 7478 Praha vyvinut typ kovového rámu, který umožňuje snadné napnutí a vyjmutí síta po tisku a tím i další manipulaci, tj. čištění apod. Po vyjmutí síta po tisku se do rámu vloží nové síto. Použité se čistí vložení do nádoby s rozpustidlem. Zařízení je prozatím prototypové a v nejbližší době se bude jednat o jeho realizaci



Obr. 4. Detail připevnění dřevěného sítotiskového rámu na tiskovou podložku.

ve výrobě (obr. 5, 6). Stěrač, jímž se barva protírá sítem, může být dřevěný, lepší však je z hliníkového nebo duralového plechu. Je do něho zasazen prut tvrdé gumy příslušně seříznutý (viz obr.7).

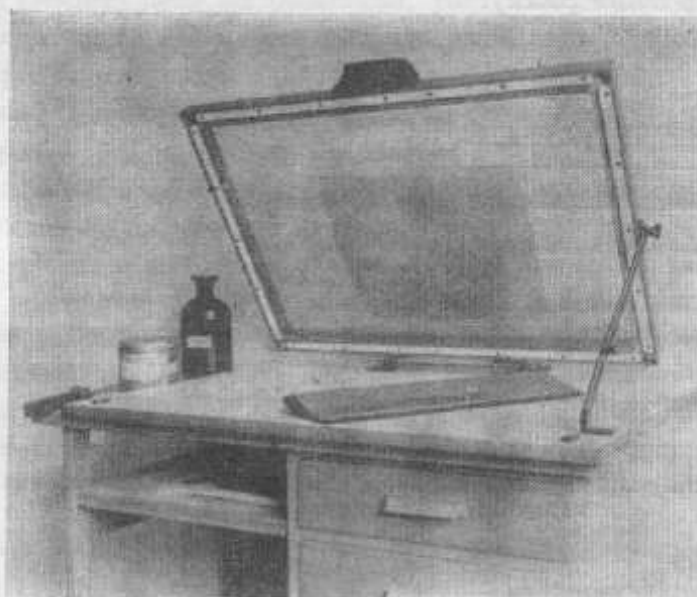


Obr. 5. Způsob upnutí a vypínání síta v kovovém rámu.

K tisku se používá speciálních sítotiskových barev, které vyrábí n. p. Barvy a laky v Praze. Barvy jsou dodávány ve všech běžných odstínech pro tisk na papír nebo PVC a PE. Dodávány jsou buď matné nebo lesklé. Ředí se toluénem, xylénem nebo petrolejem. Těmito ředidly se rovněž čistí síta po tisku. Protože jde o hořlaviny, je třeba, aby každé pracoviště, kde se s nimi pracuje, bylo dobře větratelné. Jako další pomůcky pro tisk se používají ventilátor a sušič vlasů.

Tiskové matrice lze připravit mnoha způsoby, z nichž se pro podmínky využití v armádě hodí pouze dva:

- získání matrice přímou kresbou na sítu,
- fotomechanický způsob přípravy matrice.



Obr. 6. Sítotiskové zařízení s kovovými rámy.



různé druhy stěračů pro sítotisk



a) profil gumy pro tisk na papír



b) profil gumy pro tisk na neporózní hmoty

Obr. 7. Různé druhy stěračů pro tisk:

4.21 Pro práci v kreslárnách i v bojových podmínkách se nejlépe hodí způsob přípravy matrice přímou kresbou na síte. Je možno opět použít dvou způsobů.

a) Kresba na čistém sítu

Předloha se překreslí speciální nitrolakovou tuší na síto a přitom se dbá, aby síto nebylo s předlohou v přímém styku. Proto se síto podkládá podložkami asi 3 mm vysokými. Po zaschnutí kresby se síto zaplní vrstvou hustého roztoku dextrinu. Pak se kresba vymyje roztokem acetonu v lihu. Tím se uvolní tisková místa a je možno tisknout. Kresbu lze pro zvláštní vlastnosti nitrolakové tuše provádět pouze trubičkovým nebo vytahovacím perem. Podle světlosti per lze docílit čar různé síly. Výsledky tisku jsou dobré a kvalita plně vyhovuje. Zajímavostí je, že lze

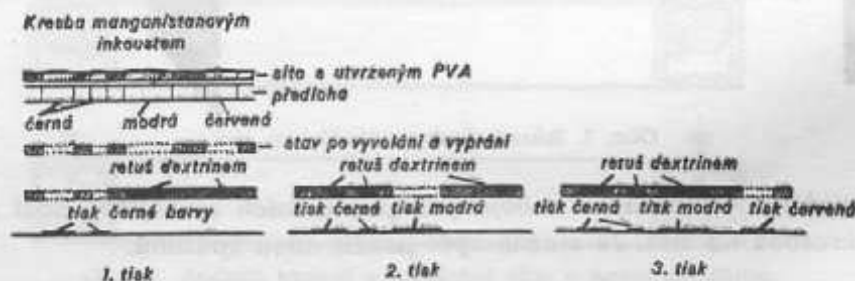
současně zhotovit matici i pro více barev najednou a využít tak síta pro tisk dvou i více barev po sobě. Vychází se z předpokladu, že se různobarevné čáry předlohy nekříží nebo sobě příliš nepřibližují. Pak se vyvolá nejprve jedna barva, po vytisknutí se barva vyretuší dextrinem a vyvolá druhá barva, atd. Tímto způsobem se zvyšuje přesnost soutisku a šetří množství použitých sít. Nitrolaková tuš se používá v barvách odpovídajících předloze. Na obr. 8 je graf, z něhož je celý postup dobře patrný.



Obr. 8. Grafické znázornění postupu přípravy tiskové matrice přímým nakreslením pomocí nitrolakové tuše. Postup tisku dvou barev z jedné matrice.

b) Kresba na zaplněném sítu

Síto se před překreslováním zaplní vrstvou chromovaného polyvinylalkoholu (PVA) a vrstva se po zasoušení utvrdí světlem (denním nebo umělým, bohatým na modré paprsky). Na takto připravenou podložku je pak již možno kreslit speciálním inkoustem obsahujícím manganistan draselný. Tento inkoust zoxidyje utvrzenou vrstvu PVA, takže po následujícím vymytí kresby vývojkou (roztok pyrosiřičitanu draselného) se tisková místa obnaží a je jimi možno tisknout. Postup při překreslování z předlohy je týž jako u předešlého. Tato metoda je rychlejší než předchozí. K tomu ještě přistupuje ta okolnost, že inkoustem lze bez potíží na sítu kreslit všemi kreslicími pomůckami (obyčejně perem, vytahovacím perem, lopatkovým perem, trubičkovým perem, štětcem apod.). Největší výhodou je, že lze současně překreslit všechny barvy, z nichž se předloha skládá. Postupuje se tak, že se překreslí celá předloha, načez se vždy odretušují dextrinem všechny barvy a ponechá jedna. Po jejím vytisknutí se odstraní tisková barva a retuš a při následující retuši se opět postupuje tak, že se ponechá další barva určená k tisku a ostatní se zakryjí. Tak se postupuje, až se vytisknou všechny barvy. Postup práce je patrný z obr. 9.



Obr. 9. Grafické znázornění postupu přípravy matrice přímým překreslováním předlohy na sítu zaplněné utvrzenou vrstvou PVA. — Postup tisku tří barev z jedné matrice.

Při tomto způsobu se barvy mohou na předloze křížovat i dotýkat.

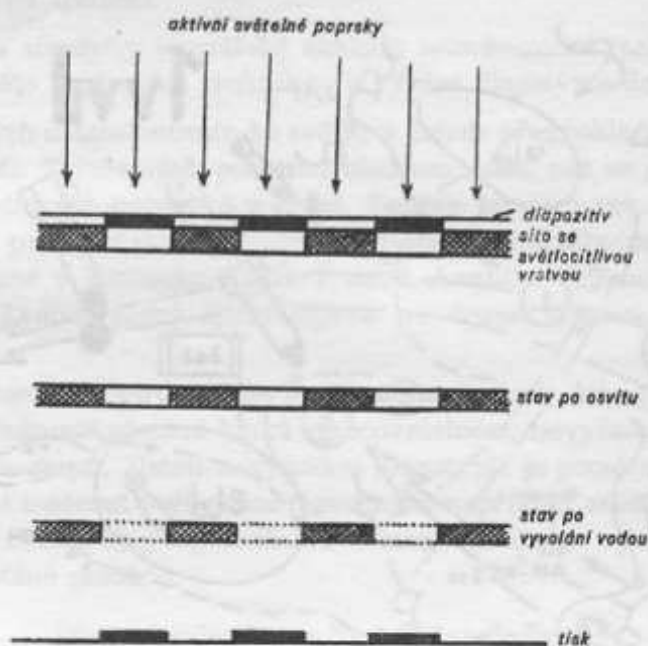
Bylo zjištěno, že síto není zapotřebí zaplňovat těsně před použitím. Je možné je zaplnit a po utvrzení uložit k pozdějšímu zpracování a dokonce lze síto vypnout z rámu, stočit a uložit. Takto zpracovaná síta byla zkoušena i po 1 měsíci a výsledky práce byly tytéž jako u sít čerstvě

připravených. Možnost přípravy sít do zásoby je výhodná zejména pro polní podmínky. Mimo dobu potřebnou pro překreslení je doba potřebná k zhotovení matrice 40 minut.

4.22 Fotomechanický způsob přípravy matrice

Je to způsob, který již vyžaduje minimální základní fotografické reprodukční znalosti a určité zkušenosti. Výsledky, jichž lze dosáhnout, jsou kvalitnější než při způsobech přímé kresby na sítu. Je to proto, že se využívá většinou kvalitních předloh zhotovených fotografickým způsobem. Příprava je složitější a postup pomalejší. Tento způsob se hodí zejména k tisku suchých obtisků, o nichž bylo pojednáno již dříve.

Je to běžná fotoreprodukční metoda využívající světlocitlivé vrstvy a diapozitivu předlohy. Diapozitivem může být např. kresba na oleátě nebo jiné průsvitné nebo průhledné podložce, fotografický diapozitiv (pérový) nebo diapozitiv astralonový. Matrice se získá tak, že se síto natře širokým plochým štětcem roztokem chromované želatiny. Tím se získá světlocitlivá vrstva, která se pak spolu s diapozitivem kontaktně osvětlí. Místa zasažená světlem se utvrdí a stanou se nerozpustná ve vodě. Místa tisková pod kresbou zůstanou rozpustná ve vodě. Po osvětlení se celý rám vloží do vlažné vody a vyvolá. Tisková místa se vyčistí odmytím vrstvy želatiny a po vysušení je možno tisknout. Při tomto způsobu je nutno vždy přesně stanovit optimální dobu osvětlení, aby se dosáhlo kvalitní matrice. Postup je dobře patrný z grafu na obr. 10.



Obr. 10. Grafické znázornění postupu přípravy tiskové matrice fotomechanickou cestou.

K dosažení dokonalejšího kontaktu diapozitivu se světlocitlivou vrstvou je nutno použít „rukávu“ PE, jehož funkce jasně vyplývá z obr. 11.

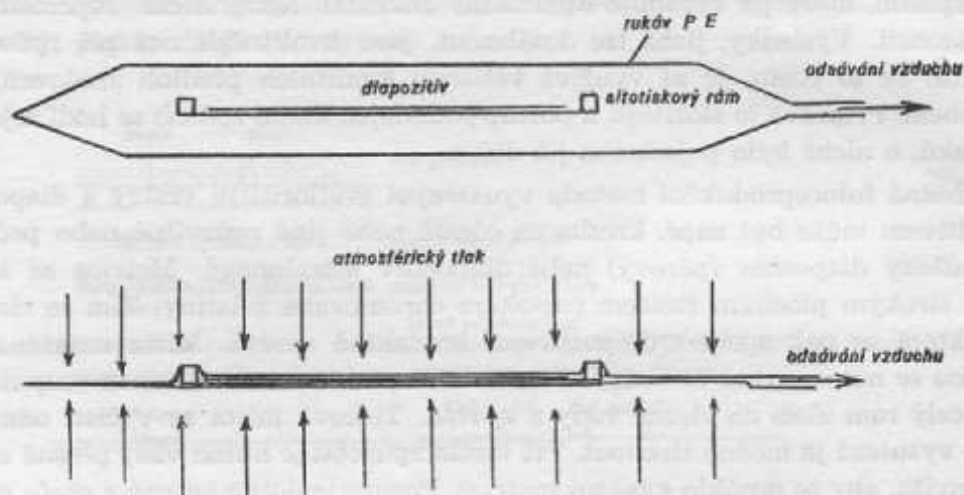
Zhotovení matrice tímto způsobem trvá cca 90 minut. Retuš se opět může provést dextrimem. Na obr. 12 je uvedena ukázka sitotiskové reprodukce tříbarevné kresby. Postupovalo se způsobem současného vykopírování všech tří barev najednou. Postup tisku je též jako uvedeno ve způsobu 4. 21 a).

Nakonec je třeba u obou metod se zmínit, jak lze odstranit vrstvy po tisku ze síta: pro způsob 4. 21 a) dextrim se odstraní vodou,

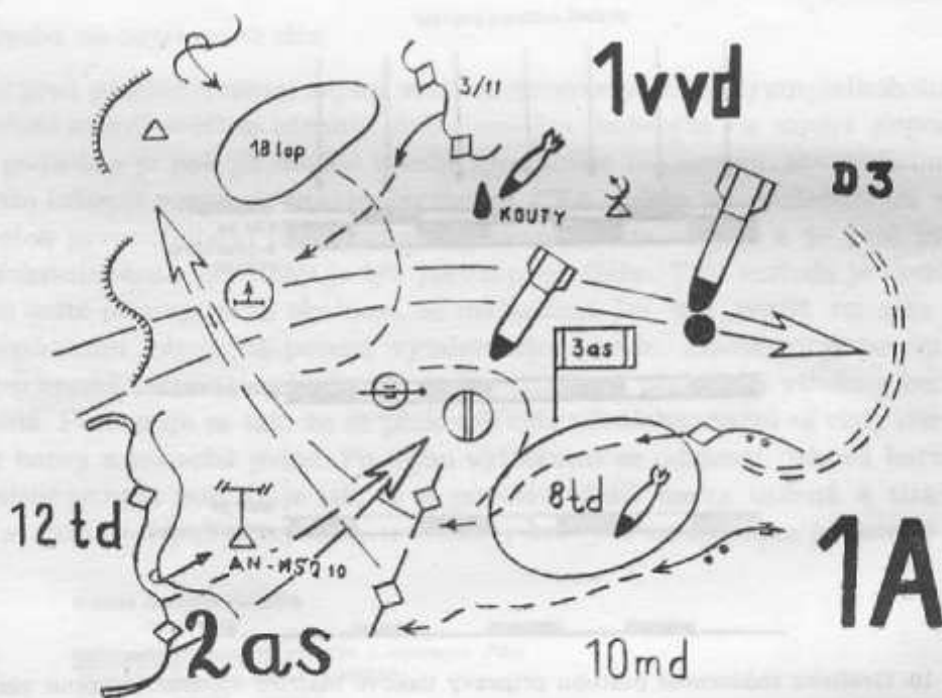
4. 21 b) utvrzený chromovaný PVA se oxidyduje manganistanem draselným. Pak se síto vyčistí roztokem pyrosiřičitanu draselného,

4. 21 utvrzená chromová želatina se rozruší 3 0/0 – 5 0/0 roztokem hydroxydu sodného a pak se odstraní horkou vodou.

Ve všech třech případech se očištěná síta používají k dalším tiskům.



Obr. 11. Znárodnění využití vakuového „rukávu“ PE.



Obr. 12. Reprodukce sítotisku (třbarevná kresba).

5. Závěr

Popsaný způsob vedení grafické dokumentace na mapách a navržené pomůcky a materiály mají přispět k ulehčení a zjednodušení práce ve štábech, ke snížení spotřeby map a ke zlepšení jejich použitelnosti za obtížných povětrnostních podmínek. Uvažované způsoby rozmnožování zá-kresu se v současné době jeví jako nejvhodnější a nejrychlejší. Další práce bude zaměřena především k jejich zdokonalení.

Ústavy a útvary vojenské topografické služby a ostatních druhů vojsk však mohou využít výsledky výzkumné práce i pro činnost mimoštábní. Použití ovrstvených nebo impregnovaných map, suchých obtisků, fólie PET a sítotisku je možné vhodně aplikovat i pro běžnou denní práci.

Seznam literatury doplňující řešené téma:

Kleilein, Das Siebdruckverfahren, 1958.

Cermak, Handbuch für den Siebdruck, 1958.

Ježek, Využití elektrostatických a elektromagnetických sil pro fotoreprodukcii a tisk (VTO, 1959, č. 1).

Kubeček, Rychlé kopírovačí techniky (VTO, 1962, č. 2).

Kubeček, Plastické hmoty v kartoreprodukcii (VTO, 1963, č. 2).

Gorgoň, Xerografie a její využití (VTO, 1962, č. 2).

Gorgoň, Perspektivy reprodukční techniky (VTO, 1963, č. 1).

Jelínek, Sítotisk (výzkumná zpráva VO-VZÚ 1963).

Jelínek, Sítotisk - rychlá rozmnožovací technika použitelná v armádě (Vojenská technika, 1964).

Inženýr Oldřich G o r g o ň

Diazotypie

Článek pojednává o velmi rozšířeném reprodukčním oboru, založeném na citlivosti složitých organických diazosloučenin ke světlu, obecně označeném jako diazotypie. Tento obor zahrnuje dnes celou řadu reprodukčních procesů blízkých klasické diazotypii a zvláště v poslední době přerůstá do nových aplikací.

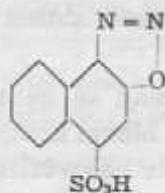
V přehledu budou uvedeny teoretické základy fotochemické reakce diazosloučenin, přehled a použití výrobků této kopírovačí techniky a výhled diazotypie do budoucnosti.

Citlivost organických diazosloučenin ke světlu a jejich předpoklady k hotovení kopií jsou známy již polovinu století. Trvalo však poměrně dlouhou dobu, než se podařilo aplikovat velké množství získaných teoretických poznatků v praxi. Teprve koncem roku 1923 objevil se první použitelný světlotiskový papír, chráněný značkou Ozalid. Materiály dosáhly v dalších letech značného rozmachu, zvláště v Německu, Itálii, Francii, Anglii; v USA si dlouhou dobu udržoval primát negativní proces kyanotypický, který teprve po druhé světové válce zvolna ustupuje diazotypii.

Diazotypického procesu kopírování se používá všude tam, kde je třeba rychle a levně hotovit kopie; zvláštní předností zůstává lehká zpracovatelnost, nevyžadující náročné temné komory a řadu vedlejších postupů. Jistou nevýhodou diazotypie je poměrně nízká citlivost materiálu ke světlu a tím snížená možnost pořizování reprodukcí například zvětšováním, nebo jinou ve fotografii běžnou cestou. Přesto byly v posledních letech dosaženy výsledky, které umožňují i některé, ve fotografii běžné postupy.

Diazosloučeniny a kopulační složky

V oboru diazosloučenin citlivých na světlo nastal od roku 1945 poměrně malý pokrok. Pro světlotiskové papíry dvoukomponentové, které se běžně vyvíjejí plynným amoniakem, používá se kyselin diazonaftolsulfonových v různých substitučních polohách. Typickým příkladem je anhydrid kyseliny 1-diazo-2-naftol-4 sulfonové, který poskytuje s polyoxybenzeny běžného typu, například s resorcinem, červené pozitivní kresby. Diazosloučenina má složení:



Vlastní tvorba konečného azobarviva poskytujícího barevný obraz je dána obecnou reakcí:

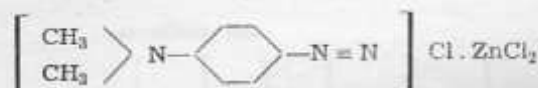


X - např. Cl, nebo jiný zbytek kyseliny

Diazoskupina aromatické sloučeniny reaguje s fenolem za tvorby azobarviva a příslušné kyseliny.

Tato obecná reakce je víceméně platná pro veškeré typy kopulačních reakcí.

Další skupinou diazosloučenin používaných pro světlocitlivé účely jsou látky obecně odvozené od jednoduchých nebo substituovaných p-diazoalkylanilinů. Jednoduchý vzorec, znázorňující základní komponentu skupiny je p-diazodimethylanilin [1] [2].



Vzorec je běžný pro stabilizovanou diazosloučeninu s podvojným chloridem zinečnatým. Základní sloučenina může být dále různě substituována, například v jádře alkokyskupinami, halogeny, karboskupinou aj., dále na terc. dusíku monoalkylskupinou, arylskupinami, oxyalkylskupinami atd. Tato skupina diazosloučenin patří dnes mezi nejvýznačnější aktivní komponenty a poskytuje s vybranými kopulačními složkami nebo jejich směsmi celou paletu barev až do černé.

Další skupinou diazosloučenin jsou jednoduché nebo substituované p-diazo-difenyloaminy. Základním členem je jednoduchý diazotovaný p-amino-difenyloamin [3]:



Dále se využívá i jiných diazotovaných sloučenin odvozených například od p-diazofenyl-morfolinu [4], 4-diazo-difenylo [5], 4-diazo-2, 5-dialkoxy-fenyl-alkylmerkaptanů aj. [6].

Všechny uvedené diazosloučeniny slouží k přípravě materiálů citlivých na světlo vlivem své citlivosti k aktinickému světlu. Přes tento celkem velký přehled látek využívá diazotypie jen nepatrného zlomku sloučenin citlivých na světlo, které jsou dnes z oboru diazosloučenin známy. Větší výběr není zatím dosti dobře možný, jelikož diazotypie nezná širokou paletu senzitizátorů jako fotografie a je tedy odkázána vysloveně na látky s dobrou citlivostí. Pod tím pojmem rozumíme citlivost, která odpovídá v konečném výrobku přiměřeně krátkým osvitům vyjádřeným max. dobou 100 vteřin. Tato hodnota je vlastní diazosloučeninám shora uvedeného přehledu, přičemž jiné, na světlo citlivé diazolatky dosahují doby osvitu až několik hodin. Taková doba potřebná k rozložení diazosloučeniny činí ji pro reprodukční techniku nepoužitelnou.

Pro tvorbu konečného azobarviva stojí vedle diazosloučeniny potřebná kopulační složka, kterou například, podle shora uvedené reakce, může být jednoduchý nebo složitý fenol. V praxi se používají polyfenoly, např. resorcin, floroglucin, dále jejich jádrové nebo funkční mono-substituované deriváty [7], sloučeniny odvozené od dioxynaftalenů [8], oxynaftalensulfonových kyselin, sloučeniny fenylmethylpyrazolonu, acetoacetanilidy, thiomocovinové deriváty hydroxybenzenů [9], cyklohexandiony [10], floroglucidy [11], oxyypyridony [12], polyacetylové sloučeniny [13], kyanacetylamidy [14], kyseliny pyrazolonkarbonové [15], pyrony [16], hydroxychinolony [17] a hydroxybenzthiazoly [18].

Volba kopulační nebo také pasivní komponenty je dána rychlostí vlastní azoreakce s příslušnou diazosloučeninou. Reakční rychlost obou složek je nakonec ukazatelem stálosti nebo stability vrstev v neosvětleném stavu.

Klasické diazotypické papíry vyvolávají se za sucha parami amoniaku; takové papíry obsahují ve vrstvě nebo citlivé emulzi obě hlavní komponenty, tedy diazosloučeninu a kopulační složku. Před vzájemnou, nežádoucí kopulací v neosvětleném stavu chráníme obě hlavní složky stabilizací kyselinami [19]. V kyselém prostředí většinou neprobíhá kopulace a tvorba azobarviv používaných v diazotypii.

Citlivá emulze pro hotovení diazotypických vrstev obsahuje další v diazotypii běžné přísady, jako soli kovů; používá se např. chloridu zinečnatého nebo kademnatého, síranu nikelnatého, síranu hlinitého apod. Tyto látky slouží jako metalizační přísada a značně prohlubují konečný barevný odstín [20].

Pro stabilizaci podkladu u hotových kreseb, zvláště pak k zábraně tvorby barevných, nežádoucích závojų, používá diazotypie některých redukčních přísad, jako močoviny, thiomčoviny, laktózy, glukózy nebo jejich směsí [21].

Kombinací těchto látek vzniká nakonec diazotypová emulze citlivá na světlo, která se v konečné fázi výroby nanáší strojním způsobem na vhodnou, např. papírovou podložku. Po polevu a usušení nanesené vrstvy stává se diazotypový nebo také světlotiskový papír hotovým výrobkem.

Přehled klasických sortimentů diazotypických materiálů

Hlavním rozdělovníkem pro charakter diazotypických papírů je dnes vedle formy použití způsob vyvolávání. Jak již bylo v předcházejících řádcích podotknuto, tvoří hlavní sortiment tzv. papír čpavkový. Tento papír se vyznačuje přítomností aktivních i pasivních složek přímo ve vrstvě. Tvorba obrazu, po příslušné expozici, se provádí vyvíjením v parách amoniaku. Přítomností alkalického prostředí amoniakových par dochází k neutralizaci původního kyselého stabilizovaného prostředí a tím ke vzniku azobarviva. Původní hodnota pH kolem 2,8–3,2 přechází na pH 8 až 9,2; tyto hodnoty jsou většinou dostačující pro průběh kopulační reakce a vznik azobarviva.

Jinou, menší skupinu tvoří diazotypové papíry, které v citlivé vrstvě obsahují pouze diazosloučeninu, zatímco příslušná kopulační složka se přidává do kapalné vývojky. Mluvíme potom o papírech polovlhkých nebo častěji polosuchých. Takový papír se běžně exponuje pod maticí a nakonec se vyvíjí nánosem kapalné vývojky. Vedle kopulační komponenty obsahuje vývojka dostatečné množství alkálií.

V praxi se dnes málo používá klasických a levných alkálií, jako jsou louhy, soda, potaš; tyto lučebniny většinou silně atakují podkladový papír a způsobují silné žloutnutí a tím vysoký závoj. Součástí vývojek bývají tedy pufrovací látky ve směsi s bikarbonáty nebo boraxem. Takové vývojky pracují naprosto spolehlivě již při pH 7,0; v oblasti polosuchých papírů moderní produkce pracuje velmi zřídka s hodnotami pH vyššími jak 8,2, zatímco často využíváme vhodně přizpůsobených neutrálních nebo slabě kyselých vývojek [22]. Tato možnost je dána vhodnou volbou kopulační energie obou účinných složek, která může být v případě polosuchých papírů velmi vysoká.

Zvláštní skupinu materiálů tvoří papíry, kde ve vrstvě je jak diazosloučenina, tak i kopulační složka, ale které se přesto vyvíjejí kapalnou cestou. Vývojku tvoří potom některá silnější alkálie. Hlavním sortimentem výrobků diazotypových papírů byly u nás donedávna světlotiskové čpavkové papíry s červenou kresbou. Tyto papíry poskytovaly červenou kresbu na bezbarvém poli a dávaly po expozici z pozitivu pozitiv. Jejich nevýhodou byl nízký kontrast kopie a rychlé blednutí barevných tónů na přímém světle. Vlivem těchto nedostatků byl červený papír nahrazen podobným, s označením Optimal. Tento materiál dával podstatně kontrastnější kresby na bezbarvém poli, při dostatečné stálosti na přímém světle.

V posledních letech objevil se na našem trhu papír s modrou kresbou, který se vyznačoval zvýšenou kopiíovou i skladovou stabilitou. Předností tohoto papíru byla vysoká čitelnost a prakticky nepatrný závoj. Současně s modrým papírem je dodáván na náš trh pastelově hnědý papír Speciál, obdobných vlastností jako popisovaný papír modrý.

Všechny tyto světlotiskové papíry tvoří základní sortiment čs. čpavkových materiálů; v malém množství se v této paletě dodává světlotiskový papír s černou kresbou.

Ze druhé skupiny je trh zásoben polosuchým papírem s tmavohnědou barvou kresby.

Srovnáváme-li dnes oba hlavní sortimenty diazotypických papírů z hlediska poptávky, zjišťujeme, že stále větší spotřeba čpavkových suchých papírů zatlačuje vývojkový, polosuchý

druh. Jedinou dnes předností polosuchého papíru zůstává vysoká hygiena pracovního prostředí, které je prakticky prosto škodlivých výparů čpavku. Přes tento značný klad nemají papíry s kapalným vyvoláváním na našem trhu velký význam.

Mimořádný význam je dnes kladen na tzv. papíry rematriční. Jsou to většinou diazotypové, na světlo citlivé emulze nanesené na průsvitných nebo průhledných podložkách. U nás je v současné době zaváděn na trh transparentní papír Opacit, který má nahradit dosud používaný papír Transparent. Rematriční papír Transparent sloužil k hotovení pomocných mezikopii; dával hnědočervenou kresbu na průsvitném podkladě. Materiál sloužil mimo vlastní účely rematriční ještě v modelové technice, částečných pomocných kopiích, v planotisku, kartografii aj. Předností nového vývojového typu Opacit je naprosté zamezení kroutivosti hotových kopií při podstatném, cca 40 % zvýšení opacity k UV světlu. Transparentní papír Opacit je v současné době pro náš trh velkým přínosem a je předpoklad, že do konce roku 1964 nahradí v plném rozsahu dosavadní výrobu.

V paletě našeho sortimentu se občas objevuje rematriční materiál s označením „celofánová Azofólie“. V podstatě jde o výrobek blízký transparentnímu papíru s tím rozdílem, že nosičem je zde 80 gr celofán. Nevýhodou tohoto materiálu je silná smrštivost a tím i nutnost stálého kótování matričních údajů.

Rematričním materiálům je věnována velká pozornost; v mnoha případech slouží některé cennější kopie na průhledné nebo průsvitné podložce i pracovním účelům. V zahraničí jsou ve velkém měřítku vyvinuty diazotypické rematriční materiály na průhledných podložkách z plastických [23] hmot. V podobných případech mění se v plném rozsahu technika lití těchto materiálů; z běžných postupů, kdy dochází k pouhému napojení papírové nebo transparentní podložky, dochází se ke složitějšímu systému nánosu citlivé preparace na podložku z plastické hmoty. V případě použití triacetátu celulózy provádí se dvojnásobné nanášení. V první části natěracího stroje provede se zmýdelnění vrstvy podložky, zatímco v druhé části vlastní nános citlivé preparace. Při práci s fóliemi z plastických hmot přibližuje se natírání rematričních fólií téměř fotografickým natěracím postupům. Nosičem citlivé preparace stává se v tomto případě některý koloid, například želatina.

Fóliové zahraniční materiály vyrábějí se dnes na různých podložkách, z nichž některé jsou speciálně zabarveny, většinou do modrého odstínu. Výhodou těchto materiálů je vysoká pevnost a stálost v kopírovacích světlotiskových strojích.

Zvláštním druhem diazotypií v zahraničí jsou vrstvy nanesené na speciálních nosičích. Většinou se používá různých tkanin vhodně vyztužených plastickými hmotami; značnou roli, vedle již zmíněného triacetátu celulózy, hrají průhledné a průsvitné hmoty, které s tkaninami dávají pevné a prakticky nezničitelné kopie. Je pochopitelné, že jejich využití je poměrně omezené, vlivem vysoké ceny a nevhodnosti pro využití jako rematriční kopie.

Speciální směry klasické diazotypie

Rozmach světové diazotypie v posledních letech soustředil se nejen na klasické využití citlivosti diazosloučenin k aktinickému světlu, ale zvláště se zaměřil na jiné formy využití tohoto oboru. V tomto pojednání zaměříme se pouze na směry, které mají úzkou souvislost s podstatou klasické diazotypie a přímo jsou využívány pro různé formy reprodukce.

Mimořádným přínosem ve světové diazotypii bylo zavedení reflexních kopírovacích postupů založených na citlivosti diazosloučenin ke světlu [24]. Vlastní podstatou tohoto procesu je maximální využití reakcí vzniklého azobarviva jako absorpčního media pro ultrafialové paprsky. Principem postupu je tedy velmi kvalitní transparentní papír s přiměřenou citlivostí a s vysokou opacitou azobarviva k UV světlu. Použitá matrice, nejlépe s kvalitní černou kresbou nebo tiskem přikládá se čelně k průhlednému diazotypickému papíru tak, aby světlo prošlé transparentní citlivou vrstvou se na černých nebo absorpčních místech předlohy pohlcovalo a naopak od bílých plošek matrice odráželo. Takovým postupem vznikne pozitivní obraz na přiloženém

transparentním diazopapíru, který vlivem vysoké opacity hnědožluté nebo hnědočervené kresby vzniklého azobarviva slouží k přímému kopírování na běžný diazotypický papír.

Tento postup vyžaduje dokonale vyvážený mezioriginál, aby tak primární průchod světla před konečnou reflexí (nebo absorpcí) zanechal dostatečně kontrastní azobarvivo. Vyvíjení mezioriginálu a stejně tak konečné kopie provádí se amoniakovými parami nebo kapalnou vývojkou.

K lepšímu využití diazoreflektografického procesu a ve snaze dosáhnout maximálního kontrastu využívají některé postupy jemné manipulační mřížky. Rozptylem světla snižuje se nevídaná okrajová interference a dosahuje se zvýšení kontrastu.

Diazoreflektografický postup nedosáhl zatím světového rozšíření i přes řadu předností, které nelze popírat; hlavním přínosem zůstává velmi nízká cena materiálu v porovnání s drahými papíry fotografickými a dále jednoduchá manipulace a výhoda celého diazokopírovacího procesu, práce v rozptýleném světle. Proces rovněž nevyžaduje v případě použití čpavkového vyvíjení kapalných substancí.

Vlastního praktického využití diazoreflektografie bylo dosaženo po druhé světové válce zavedením výroby holandského materiálu označeného značkou Retocee [25]. Materiál je diazoreflektografickým filmem s odstranitelnou mřížkou. Tento postup umožňuje rychlé a snadné hotovení kopií z neprůhledných nebo oboustranných originálů, např. dopisů, tisků nebo knižních stránek.

Při původní mřížkové reflektografii musel být těsný styk mezi mřížkou a diazoblanou, čehož se dosahovalo ve zvláštních vysokotlakých rámech. Novější mřížkový diazofilm to již nevyžaduje; k hotovení reflexních kopií stačí jakékoli zařízení pro kontaktní fotografický postup.

Velmi významným výrobkem založeným na citlivosti diazosloučenin ke světlu je levný a nenáročný materiál poskytující polotónové zobrazení kopie [26]. Také u nás podařilo se s úspěchem reprodukovat polotóny na zkušebním papíře Azotona.

Většina diazotypických materiálů poskytuje kopie velmi chudé na polotóny. Teprve po roce 1945 ukázal se na trhu materiál dvojsložkové kombinace, který vykazoval měkčí gradaci a poskytoval uspokojivé polotónové kopie. Později se pokusil i holandský Grinten o polotónující diazopapír polosuchého charakteru, ale jeho patentové přihlášky jsou zatím skrovné.

Příslušnost polotónového papíru, (dále budeme uvažovat vývojový typ Azotona) náleží vysloveně klasické diazotypii. Tato skutečnost je podložena nejen stejným typem emulzí citlivých na světlo, ale i prakticky nezměněnou, konečnou formou vyvíjení. Rozdíly obou typů výrobků, měkké a tvrdé gradace, jsou závislé na třech faktorech:

- 1) na papírové podkladové surovině,
- 2) na emulzi citlivé na světlo,
- 3) na použité matici nebo mezikopii.

Tyto tři faktory nutně podmiňují jakost a podání polotónových papírů.

Papírová podkladová surovina, používaná pro přípravu materiálů typu Azotona liší se od klasických diazotypických papírových podložek povrchovou úpravou.

Zatímco normální podložka používaná v diazotypii vsakuje do určité hloubky citlivou emulzi, nanáší se citlivá emulze na polotónovou podložku pouze do povrchové, většinou lehce kalandrované suspenzoidní vrstvy. Tato vrstva musí být dostatečně hydrofilní a její substance nesmí redukovat barevný tón azobarviva.

Jako podložky pro povrchovou úpravu papíru používá se většinou 100–130 gr diazotypového podkladu, který se upravuje nánosem karboxymetylcelulózy, ve které je jemně suspendovaný kaolin. Směs suspenzoidu se nanáší na kartáčových strojích a povrchově se lehce kalandruje. Pro zlepšení jakosti povrchu provádí se povrchové zušlechťování podložky dvojnásobným nátěrem, přičemž může být využito různé vzájemné koncentrace obou složek.

Papírová podložka takto vyrobená přijímá při dodatečném nátěru citlivou diazotypickou emulzi pouze do zušlechtěného povrchu při minimálním prosáknutí do vrstvy papíru.

Tato okolnost ve velké míře podmiňuje měkčí gradaci již za použití některých jednoduchých emulzí.

Druhým, velmi náročným faktorem zlepšujícím polotóny je příprava emulze citlivé na světlo a její složení.

Byly nalezeny některé sloučeniny, např. slabé organické kyseliny obsahující dvojnou vazbu, které mají schopnost redukovat maximální hustotu barevného tónu, při zesílení oblasti polotónů. Dále přicházejí v úvahu kombinace dvou účinných složek s odlišnou kopulační rychlostí, čímž lze dosáhnout určitého posunu do oblasti reprodukce polotónů. Spojením obou schopností a dodatečným polevem emulze na typ shora uvedené podložky lze dosáhnout velmi kvalitní reprodukce v pultónové oblasti.

Velmi důležitým faktorem zůstává příprava diapozitivu nebo použité polotónové matrice. V současné praxi, kdy zůstává využití matrice omezeno na použití fotografického filmu FOMA-DIA nebo FOMA-ORTHOP, je třeba zpracování věnovat mimořádnou pozornost.

Charakteristická křivka diazotypického papíru vyžaduje k rozmnožování pozitivní matici, zhotovenou na filmu se slabým kontrastem světlých a středních polotónů a s vysokým kontrastem tmavých polotónů. Částečně je možno dosáhnout tohoto výsledku využitím zóny podexpozice charakteristické křivky pozitivního filmu. Často však bývá tato zóna u pozitivních filmů příliš úzká a takto získaná pozitivní matrice je potom příliš kontrastní [27].

V zahraniční praxi se při zpracování těchto materiálů využívá filmů s nižším kontrastem, jako je např. film Kodelio od firmy Kodak, film Lumitec, B-film firmy Agfa a Gevaertův Normal Ortho. Použití tohoto filmu je značně choulostivé, neboť vyžaduje k dosažení správných polotónů velmi přesnou expozici. Neexponuje-li se dostatečně, ztrácejí se detaily ve světlech, při přeexpozici jsou světlé polotóny příliš kontrastní a detaily v tmavých polotónech mizí.

Přibližnou pozitivní matici je tedy možno zhotovit na filmu o nízkém kontrastu s využitím zóny podexpozice.

V praxi lze postupovat rovněž tak, že film s dvojitou vrstvou (například Gevaertův Correctont nebo LM film firmy Agfa) se exponuje dvakrát na tentýž negativ, poprvé bez filtru a podruhé s filtrem. Každá expozice potom zvýrazňuje vrstvu, která jí odpovídá. První vrstva je vysoce kontrastní, druhá potom málo kontrastní. Volbou osvitů každé z vrstev je možno ovlivnit podání světlých a tmavých polotónů k žádané charakteristice. Expozice v takovém případě nemusí být tak přesná, jako je tomu u filmu obyčejného. V každém případě, např. použití filmu FOMA-Ortho, je třeba expozici věnovat velkou pozornost.

Na druké straně dvouvrstvý film dovoluje získat pozitivní matici pro diazotypii lepších vlastností než film obyčejný. Barva obrazu výsledné polotónové kopie je velmi citlivá i k malým změnám vyvíjecích podmínek.

Všeobecně byly materiály Azotona podobně jako zahraniční vzorky vyvíjeny plynným amoniakem s dostatečnou vlhkostí za teploty cca 80–90°C. Barva obrazu závisí tedy jak na koncentraci vodních par, tak i na koncentraci amoniaku při procesu vyvolávání. Čím více převládá koncentrace vodních par, tím je barva teplejší.

Snížili-li se teplota vyvíjení, zvláště pak teplota čpavkové atmosféry, přechází konečný barevný tón vlivem kopulačních směsných rychlostí do hněda. Prakticky, např. pro černý směsný tón, je to způsobeno tím, že kopulační rychlost modrého barviva s poklesem teploty klesá rychleji než u barviv žlutých a oranžových.

Chceme-li u materiálu Azotona dosáhnout vždy stejné barvy, je zapotřebí vyvolávat vždy za stejné teploty a stejné koncentrace amoniakových par.

Je třeba počítat se skutečností, že amoniakové páry ve vyvíjecích strojích jsou většinou relativně suché.

Dále je třeba konstatovat, že podklad papíru u Azotony stejně jako u jiných diazotypů žloutne na světle rychleji, zejména je-li bezprostředně po ukončení vyvíjení vystaven silnému světlu.

Přesto materiál Azotona, který je v současné době poloprovozně zkoušen, má předpoklad širokého rozšíření.

Mimo základní ekonomické ukazatele, jako je využití nehalogenstříbrného procesu a použití levných emulzí diazotypových, je třeba zdůraznit rychlou rozmnožovací techniku, práci při rozptýleném světle a suché vyvíjení.

Polotónové papíry se hodí pro všechny druhy reprodukce zvláště tam, kde potřebujeme větší množství kopií. Materiál není rentabilní pro hotovení několika kusů snímků.

Mimořádných výsledků dosahujeme při hotovení terénních snímků, mapových materiálů, modelové techniky, konstrukčních maket apod. Zvláště pro modelovou techniku je třeba poukázat na mimořádné přednosti v zobrazení pracovních kopií.

V současné době dosahují výsledky diazotypického procesu ve světě úspěchů a dají se jen těžko rozlišit od kopií zhotovených bromostříbrným procesem.

Do oblasti klasické diazotypie patří i poslední úspěchy reprodukce - zvětšovací diazotypické papíry [28].

Je známo, že dosavadní stav diazotypie z hlediska citlivosti k aktinickému světlu se zvláště nezměnil. Jak již bylo výše řečeno, nejsou dosud větší znalosti o senzibilizaci diazotypií.

Je pochopitelné, že nebude valný zájem o optickou senzibilizaci, jelikož každý senzibilizační posun citlivosti diazosloučenin do oblasti modři, zeleně event. červeně bude mít za následek ztrátu základní vlastnosti diazotypických papírů - lehkou a nenáročnou zpracovatelnost. Pro hotovení diazotypických kopií nebude mít ani v budoucnosti místo temná komora, která by v každém směru proces ztížila a zdražila.

Na druhé straně chemická senzibilizace je žádoucí ke zvýšení citlivosti diazosloučenin za dodržení potřebné stability. Většinou se dařilo senzibilizovat různé diazosloučeniny, jejichž primární citlivost byla velmi nízká. Ani při podstatném senzibilizačním účinku některých látek neprojevila se konečná senzibilizace tak efektní, aby ji bylo možno využít v moderní reprodukci.

V posledních letech byl v záp. Německu vyvinut modrý diazotypický papír o vysoké citlivosti, který se jevil výhodný pro speciální zvětšovací přístroje. Podle neurčitých zpráv kolísá expoziční doba takového papíru kolem 20 vteřin a proces je značně automatizován.

Pokusy prováděné u nás nepřinesly zatím spolehlivé výsledky; kresba byla poměrně slabá při expoziční době kolem 30–40 vteřin. Přes tento počáteční nedostatek je tomuto procesu věnována velká pozornost.

Ekonomický výsledek a využití tohoto postupu rýsují velké perspektivy rozvoje citlivých diazosloučenin a úpravy povrchu papírové podložky. Zdá se, že tyto dvě cesty na úseku výzkumu diazotypie, spojeny s řešením aktinického zdroje pro zvětšovací přístroj poskytnou zvětšovací papír dostatečné kvality.

Současný přehled natěrací techniky

Mimořádný úkol pro stavbu nových druhů na bázi klasické i výhledové diazotypie je postaven, vedle výzkumů papírové podložky a emulzních částí, také na jakostním nánosu.

Všeobecnou praxí je nanášení světlotiskových preparací pomocí kontinuálních natěracích strojů, kde se vrstva nanese a usuší. V současné době došlo ve světě k obrovskému rozmachu natěrací techniky a tím i k vysokým požadavkům na licí stroje.

Úzký vztah vlastní technologie nanášení citlivé preparace k jakosti podložky a stavu nanášecího zařízení podmiňoval konečnou kvalitu výrobků. Vzhledem k vysokým nárokům na papírovou podložku kladeným výrobcí světlotiskových materiálů docházelo postupně k zušlechťování povrchu papíru a tím i k postupnému přechodu úpravy papíru z papíren k výrobcům světlotisků. Tato okolnost vedla k opuštění zastaralých natěracích strojů konstruovaných pro jeden nátěr s kombinací mechanického stírání, k zavádění tzv. násobných strojů, které umožňují několik polevů současně a jsou opatřeny kvalitním pneumatickým stíráním.

Tyto stroje umožnily povrchové předpreparování papírové podložky s následujícím litím emulze.

Výhled reprodukční techniky založené na citlivosti diazosloučenin ke světlu bude dán v krátké budoucnosti vývojovou cestou, která úzce spojí základní parametry dobré jakosti.

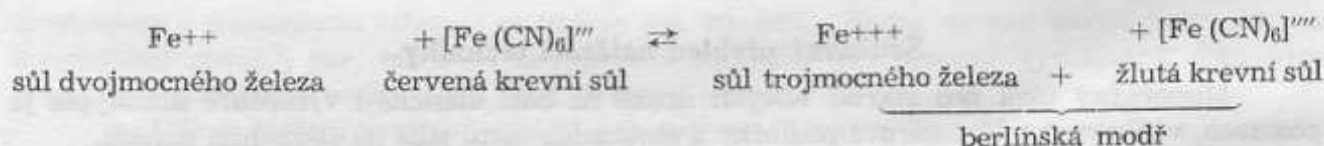
Literatura:

- [1] Grinten B. P. 281, 604 — [2] Kalle D. R. P. 831, 804 — [3] Waters a Sons Austr. P. 269, 419 — [4] Kodak B. P. 554, 921, B. P. 554, 998 — [5] Kalle B. P. 471, 614 — [6] Kalle U. S. 2, 286, 701 — [7] G. A. F. B. P. 638, 419, B. P. 638, 163, B. P. 636, 891, B. P. 623, 248, B. P. 638, 761 — [8] Kalle B. P. 496, 090 — [9] G. A. F. B. P. 628, 914 — [10] G. A. F. U. S. 2, 500, 099 — [11] G. A. F. B. P. 638, 453 — [12] G. A. F. B. P. 633, 877 — [13] G. A. F. B. P. 645, 495 — [14] G. A. F. B. P. 644, 186 — [15] G. A. F. B. P. 655, 007 — [16] G. A. F. U. S. 2, 542, 849 — [17] G. A. F. U. S. 2, 542, 850 — [18] Kalle D. R. P. Appl. 0. 489 — [19] G. A. F. B. P. 642, 992, U. S. 2, 442, 061 — [20] G. A. F. B. P. 705, 565, Nor. P. 82, 771 — [21] Harper-Powell B. P. 435, 874 — [22] Eder, Ausführliches Handbuch der Photographie 1929, str. 236/7 — [23] Andrews Paper Co B. P. 717, 835, Kalle B. P. 210, 862, G. A. F. U. S. 2, 501, 874, U.S. 2, 593, 928, B. P. 641, 273, B.R. D. 821, 759 — [24] Kögel D. R. P. 302, 786, Kalle U. S. 2, 246, 425, Grinten B. P. 425, 126 — [25] Grinten B. P. 630, 874, B. P. 626, 501, B. P. 656, 716 — [26] G. A. F. B. P. 596, 048, Grinten U. S. 2, 793, 118, B. R. D. 1, 015, 679 - [27] Landau, Fotodiazotypický proces, Paříž 1952 — [28] Office Equipment News, 1962, 15, str. 24

Inženýr Zdeněk Jelínek

Poznatky z kyanotypického procesu

Kyanotypie je stará fotomechanická metoda sloužící v kartoreprodukci k zhotovování podkladů pro kresbu. Je to metoda využívající citlivosti soli - citranu železito-amonného ke světlu. Tato sůl se vlivem světla rozkládá. Rozklad je značně složitý a u železa probíhá tak, že se původně trojmocná forma železa světlem stává dvojmocná. Vedle toho probíhají další pochody rozkladu, které však již pro kyanotypii nejsou rozhodující. Je to obdobný pochod, jaký probíhá v světlocitlivých vrstvách chromovaných koloidů, kde světlocitlivost je založena na schopnosti světla změnit mocenství na nižší za přítomnosti organických látek. V kyanotypii se používá schopnosti solí dvojmocného železa reagovat s červenou krevní solí a vytvářet modř (berlínská modř). Je to obdoba známé analytické metody na kvalitativní stanovení dvojmocného železa. Celý průběh vzniku modře je značně komplikovaný. V základě probíhá tak, že červená krevní sůl oxyduje vzniklou sůl dvojmocného železa na železo trojmocné, sama pak se redukuje na žlutou krevní sůl a ta vytvoří berlínskou modř. Základní rovnice iontová je:



Znamená to tedy, že sůl rozložená světlem je schopna vytvořit spolu s červenou krevní solí modrou barvu nerozpustnou ve vodě. Na této reakci je založena kyanotypie. Je to, jak již z popisu vysvítá, metoda negativní, tj. reprodukcí se vždy získá negativní obraz. Proto při zhotovování kopií se vychází z negativů, má-li se získat pozitivní modrá kresba jako kreslířský podklad.

Dnešní praxe vychází ze zjednodušeného postupu jednodlážňového, tj. obě základní sole, citran železito-amonný a červená krevní sůl, se před použitím spojí v jeden světlocitlivý roztok, kterým se pak papír, na němž se fotoreprodukce provádí, natírá. Po zaschnutí se pak citlivý papír v kontaktu s negativem osvětlí vhodným světelným zdrojem, bohatým zejména na modré paprsky spektra. Již při osvětlení se vytváří na místech zasažených světlem vlivem redukce

trojmocného železa na dvojmocné modrá barva. Kopie je ihned bez vyvolání viditelná. Je pouze nutné na místech neosvětlených odstranit světlocitlivou vrstvu a to se provádí propíráním ve vodě, ve které se neosvětlená vrstva snadno rozpouští. Po vyprání a usušení je kopie hotová. Pro získání dobré kopie je nutné předem stanovit optimální dobu osvitů.

Faktem zůstává, že právě popsaný způsob není jediný vhodný a hlavně původní. Podle vpředu uvedené poznámky o analytickém kvalitativním stanovení dvojmocného železa a podle rovnice je možno metodu upravit tak, že nejprve se světlem rozloží samotná citlivá sůl (citran) a kopie se vyvolá v roztoku červené krevní soli. Tento postup byl popsán pouze v pramenech sovětských, kde se takto někde používá. Lze se domnívat, že dvouláznový způsob je starší. Jak vyplyne dále, ukázalo se však, že má řadu podstatných výhod, které jednoláznovou metodu předčí.

Ve VZÚ vyvstal technologický problém zhotovit kyanotypickou modrokopii do hotové, pozitivní černokopie zhotovené na fotografickém papíru. Jestliže se použije jednoláznového roztoku kyanotypického, tu se při natírání roztokem pozitivní kresba působením červené krevní soli buď značně zeslabí nebo úplně zesvětlí (vytvoří se kyanid stříbrný). Po získání modrokopie by bylo nutné k získání původní černé stříbrné kopie znovu opakovat vyvolání ve fotografické vývojce. Tu však nastává další problém. Fotografické vývojky většinou jsou alkalické a alkálie zeslabují kyanotypickou kopii, takže po opětovém vyvolání černého obrazu by se zeslabil obraz modrý.

Bylo proto nutno hledat jinou metodu, která by bez potíží vyhověla. K tomu plně posloužila metoda dvouláznová. Fotografická kopie se zcitliví pouze roztokem citranu železito-amonného. Po optimální expozici se pak modrá kopie vyvolá v roztoku červené krevní soli. Vyvolání je rychlé, takže ferrikyanid nemůže zapůsobit na černý stříbrný obraz. Metoda plně vyhověla a je již v provozu VZÚ zavedena.

Přitom však současně vyšly najevo jevy, které nakonec způsobily, že je možno dnes zapochybovat o správnosti používání jednoláznového způsobu v kartoreprodukční technice. Bylo zjištěno, že dvouláznový způsob předčí v mnohém způsob jednoláznový:

1. Stálost světlocitlivého roztoku není v hnědé zabroušené lahvi omezena.
2. Citlivost papíru natřeného samotným roztokem citranu je o 40 % vyšší.
3. Intenzita obrazu je o mnoho lepší.
4. Vyprání ve vodě je podstatně kratší.

K jednotlivým vyjmenovaným výhodám.

1. Jestliže se smísí pro jednoláznový způsob roztok citranu železito-amonného s červenou krevní solí, nevydrží roztok dlouho. Světlem se citran rozkládá a vytváří se již známá berlínská modř.

2. Byly provedeny pokusy jak na papíru fotografickém, tj. na želatinové vrstvě, tak i na obyčejném - neupraveném. V obou případech je citlivost při využití dvouláznového způsobu mnohem vyšší. Jsou známy dva druhy citranu železito-amonného: zelený a hnědý. Zelený je citlivější, takže se hnědého málo používá. Tato vlastnost je zachována i u jednoláznového způsobu, avšak citlivost papíru natřeného roztokem hnědého citranu je shodná s citlivostí téhož papíru natřeného smíšeným roztokem zeleného citranu a červené krevní soli při jednoláznovém způsobu.

3. Vyšší citlivost je možno vysvětlit patrně lepším nasátím světlocitlivé látky buď do papíru nebo želatinové vrstvy. Praktikům je známo, že při jednoláznovém způsobu sice po osvitě je kopie intenzivně modrá, ale při vymývání ve vodě se mnoho nezachycené modře odplaví. Tak tomu při jednoláznovém způsobu není. Rozložený citran s dvojmocným železem je hluboko vpit do podložky a modř se při vyvolání vytváří ve hmotě podložky (želatině, papíru), nemůže se tedy vypíráním odplavit a obraz je mnohem intenzivnější.



Obr. 1

Kopie zhotovená metodou jednoláznovou - zelený citran železito-amonný
 expozice 15 impulsů



Obr. 2

expozice 25 impulsů

optimální expozice 10 impulsů



Obr. 3

Kopie zhotovená metodou dvouláznovou - zelený citran železito-amonný
 expozice 5 impulsů



Obr. 4

expozice 15 impulsů

optimální expozice 3 impulsy



Obr. 5

Kopie zhotovená metodou jednoláznovou hnědý citran železito-amonný
 expozice 25 impulsů



Obr. 6

expozice 35 impulsů

optimální expozice 25 impulsů



Obr. 7

Kopie zhotovená metodou dvouláznovou hnědý citran železito-amonný
 expozice 15 impulsů



Obr. 8

expozice 25 impulsů

optimální expozice 10 impulsů

4. Červená krevní sůl při jednoláznovém nátírání je dlouhou dobu ve styku s podložkou, a proto se může hluboko do ní vpít a je potom třeba delší dobu ji z papíru vypírat. Při dvouláznovém způsobu je působení ferrikyanidu tak krátké (trvá pouze několik vteřin) - kopii postačí přelít nebo jednou protáhnout, že vypírání žluté barvy způsobené ferrikyanidem je po 1 minutě ukončeno. Celý technologický postup je tedy podstatně rychlejší (postup byl podán jako zlepšovací námět u VZÚ).

Jako doklad jsou vyobrazeny reprodukce kyanotypických reprodukcí zhotovených z negativu cvičné mapy „Bělá“ na obyčejném papíře. Příprava jednotlivých zkoušek byla shodná, aby bylo možné porovnání. Jsou uvedeny ukázky reprodukcí, kde byl použit zelený citran železito-amonný v jednoláznovém i dvouláznovém způsobu, i reprodukce, kde bylo použito hnědého citranu při obou způsobech. Optimální expozice pro zelený citran a dvouláznový způsob vyjadřuje 40 % úsporu elektrické energie při expozici velmi jasně.

Inženýr Jiří B e n e š , inženýr Karel Š v á b , VTOPÚ

Použití tabelátoru T 320 k převodu údajů z děrných štítků do děrné pásky

1. Úvod

Zvyšování efektivnosti a hospodárnosti administrativních prací, zlepšení řízení závodů, vyšší stupeň plánování i další vědecký a technický rozvoj nejsou v současné době myslitelné bez rozsáhlé mechanizace a automatizace administrativních i výpočetních prací. V dosavadním vývoji šla mechanizace administrativy především cestou děrnoštítkových strojů, mechanizace technických a vědeckých výpočtů cestou samočinných počítačů. V mnoha případech se však ukazuje, že i u technických výpočtů je vhodné k předběžné přípravě vstupních hodnot (třídění...) použít strojů děrnoštítkových a naopak. Důležitým předpokladem pro možnost efektivní a hlavně hospodárné spolupráce děrnoštítkových strojů a většiny malých samočinných počítačů je možnost převodu údajů ze štítku do pásky. Dále se tento převod uplatňuje i tehdy, je-li třeba výsledky zpracované děrnoštítkovými stroji předat pomocí dálkopisu.

Z továrně vyrobených převodníků děrných štítků na děrnou pásku pracují v naší republice pouze anglické přístroje *Remington-Rand 318*. Aritma sice již převodník vyvinula, ale počítá s jeho sériovou výrobou nejdříve v roce 1965. Podle kusých informací existují u některých útvarů a podniků převodníky, používající převážně jako základního zařízení některý ze řady děrnoštítkových strojů. Je pochopitelné, že tyto převodníky nedosahují technické úrovně továrně vyráběných zařízení. Na druhé straně je však třeba vidět, že jde o zařízení pořízená s minimálními náklady.

2. Požadované parametry převodníku

2. 1. Obecné požadavky

Zařízení musí převádět vybrané údaje z děrného štítku do děrné pásky v předem stanoveném kódu. Mezi dva po sobě následující obsazené sloupce štítku musí mít možnost vyděrovat do pásky operační znaky pro počítač nebo dálkopis. Dále musí automaticky děrovat do pásky nuly, které nebyly na štítku v čísle děrovány. Konečně musí mít možnost změny kódu v předem stanovených sloupcích štítku a možnost co nejrychlejšího přeskočení nepřeváděných sloupců.

2. 2. Konkrétní požadavky při použití počítače Zuse Z-11

Žadané vlastnosti vyplývají z charakteru desítkové vstupní pásky počítače. Desítková páska musí mít tyto vlastnosti:

- vstupní hodnota je děrována v mezinárodním dálkopisném kódu CCITT 2 a obsahuje vždy 8 platných cifer (0-9),
- nejvyšší číslice osmiciferné hodnoty nesmí být větší než 3,
- vstupní údaje obsahují pouze znaky pro čísla, znaménko minus a znaky *K*, *L*, které slouží k řízení výpočtů; při tom je pevně stanoveno pořadí symbolů: *K L - 1 2 3 4 5 6 7 8*,
- vstupní hodnoty musí být vyděrovány do pásky v pořadí, které je dáno požadavky programu.

Pro převodník, který má děrovat vstupní desítkovou pásku počítače Z-11 z toho vyplývají tyto požadavky:

1. Každý děrovaný údaj se automaticky doplní tolika nulami, aby výsledná hodnota obsahovala 8 číslic.
2. V místech, kde uprostřed čísla nebyla děrována nula (nahrazena prázdným sloupcem), se nula automaticky vyděruje do pásky.
3. Je-li na nejvyšším místě převáděné hodnoty cifra větší než 3, dojde ke změně kódu tak, aby cifra vyděrovaná v pásce na nejvyšším místě byla menší nebo rovna třem.
4. Před požadované číslo se vyděrují do pásky operační znaky *K* nebo *L*, které nejsou ve štítku obsaženy.
5. Jednotlivé hodnoty jsou ze štítku děrovány do pásky v libovolném pořadí.

3. Praktické provedení převodníku

Pro realizaci převodníku připadaly z děrnoštítkových strojů v úvahu přezkoušeč a alfabtický tabelátor T 320. Rozhodli jsme se pro tabelátor, protože dovoluje splnit požadavky 1-5 bez jakýchkoliv úprav. Všechny funkce převodníku jsou naprogramovány na běžné programové desce tabelátoru T 320. Jediným přídatným zařízením, kterým jsme tabelátor doplnili, je děrovač děrné pásky Reichert typ 2230. Je to jeden z děrovačů počítače Z-11. Zapojení programové desky tabelátoru bylo provedeno pro převod souřadnic x , y Gaussova zobrazení pro různé výpočty na počítači Z-11.

Č. kódu	Stokilometrová číslice	
	skutečná	děrovaná
1	2	0
	3	1
	4	2
	5	3
2	5	0
	6	1
	7	2
	8	3

Souřadnicové výpočty se provádějí prakticky s dvojím druhem souřadnic:

a) „celé“ souřadnice x , y

Souřadnice Gaussova zobrazení jsou devítimístná čísla. Do počítače lze vkládat maximálně osmiciferná čísla, jejichž hodnota nepřesahuje 3,9999999.

Pro ČSSR je rozsah y -ových souřadnic v šestistupňovém pásu přibližně 230 000,00 až 770 000,00, rozsah x -ových souřadnic 5 250 000,00 až 5 700 000,00. Proto jsme zvolili dva pevné kódy pro děrování stokilometrových číslic obou souřadnic.

Pro západní část pásu (y) a jižní část našeho území (x) kód 1, pro východní část pásu a severní část našeho území kód 2.

b) „zkrácené“ souřadnice Z_x, Z_y

Při transformacích metodou plošné interpolace ve čtvercích 10×10 km je zapotřebí děrovat jen zbytky souřadnic - to jest hodnoty vzniklé odtržením číslic vyšších řádů než km. Pak tvar děrovaného čísla je:

0 1 2 3 4 , 5 6 0 .

V tomto případě není změna kódu nutná, protože na nejvyšším místě je vždy nula.

4. Popis činnosti převodníku

4.1. Funkce jednotlivých obvodů

a) Zdroj pulsů

Ve zdroji pulsů se pomocí kontaktů ovládaných vačkami vytváří 39 časově odlišných pulsů, které se opakují při každé otáčce hřídele zdroje. Při návrhu libovolného programu pro tabelátor T 320 je třeba zajistit bezjiskrový provoz všech použitých relé. Tento požadavek umožnil v jedné otáčce předěrovat pouze dva údaje ze štítku do pásky.

Pro funkci převodníku jsme použili těchto pulsů:

- pro čtení jednotlivých sloupců štítku:
 - Z pro liché sloupce štítku,
 - G pro sudé sloupce štítku;
- pro čtení hodnot v dekodéru a nastavování magnetů děrovače děrné pásky:
 - $J + U_2$ pro dekodér lichých sloupců štítku,
 - M pro dekodér sudých sloupců štítku;
- pro ovládání hradel a výhybek:
 - O ovládání výhybky W 5,
 - S ovládání programového řetězu a H1, H2.

b) Programový řetěz

Programový řetěz určuje činnost převodníku v jednotlivých sloupcích štítku. Ve stroji vestavěný řetěz umožňuje 10 programových otáček, při kterých zůstává štítek zablokován v ohmatávači. Protože jsou při každé otáčce tabelátoru vyděrovány dvě číslice, je možno předěrovat do pásky až 20 sloupců z jednoho štítku. Při potřebě převodu většího počtu sloupců však není problém rozšířit programový řetěz o další relé.

c) Jehlové hradlo

Slouží spolu s číslicovými selektory k sejmutí a dekodování celého štítku. Údaje se mechanicky snímají jehlami, které procházejí otvory ve štítku. Přenos údajů k selektorům je však prováděn elektricky. Tento převod je uskutečňován pomocí kontaktů jehlového hradla. Kontakty jsou propojeny v síť převádějící děrované hodnoty do desítkové soustavy a do tvaru elektrických impulsů.

d) Číslicové selektory

Číslicové selektory umožňují zjistit hodnotu číslic až ve 4 sloupcích štítku najednou. Při zpětném čtení v jehlovém hradle projde sondovací puls podle hodnoty vyděrované v příslušném sloupci na jeden z 9 kontaktů (pro číslice 1–9) 4 selektorů vestavěných v tabelátoru. Přitom musí sondovací puls skončit před započítáním číslicových pulsů, tedy na počátku otáčky. V jedné otáčce

stroje jsou děrovány dvě číslice (viz staf Zdroj pulsů), a proto bylo výhodné spojit selektory 1+3 a 2+4. Rozlišujeme proto sudé (vyděrované v sudých místech štítku) a liché (vyděrované v lichých místech štítku) číslice, a to již v číslicových selektorech.

e) Dekodér

Je vytvořen z 11 výhybek tabelátoru. Slouží jako paměť, která uchovává hodnotu sejmutou ze štítku až do doby, kdy se vyděruje do děrné pásky. Dále převádí desítkově vyjádřené číslice do kódu, ve kterém má být děrována děrná páska (v našem případě CCITT 2). Protože v každé otáčce snímáme prakticky ve stejné době dvě číslice, bylo třeba vytvořit dekodéry dva. Jeden pro sudé, druhý pro liché sloupce štítku.

4. 2. Popis činnosti podle blokového schématu

Počátek děrování je určen vypínačem V9. Při spuštění tabelátoru a zapnutém vypínači V9 nabudí $S\Omega$ programový řetěz a zároveň se otevřou hradla H1 a H2 a umožní průchod čtecích pulsů M a $J + U_2$ na dekodér. Programový řetěz přivede sondovací pulsy Z a G na příslušné sloupce ve štítku. Podle hodnoty vyděrované v sondovaných sloupcích vyjdou pulsy Z a G na devíti kontaktech (1–9) selektorů a dále přicházejí na výhybky W1 a W2. Při dalším popisu je třeba rozlišit dva případy podle toho, zda děrujeme celé či zkrácené souřadnice. Při děrování celých souřadnic nesmí překročit nejvyšší místo hodnotu 3. Vypínač V11 je rozepnut, to znamená, že hradla H3 a H4 jsou otevřena pro řídicí impulsy výhybek W1 a W2. Tyto výhybky přivádějí impulsy z číslicových selektorů buď přímo na dekodér, nebo u nejvyšších míst souřadnic, na povel z programového řetězu na relé W3 a W4. Výhybky W3 a W4 umožňují změnu kódu podle dříve uvedené tabulky. Je-li vypínač V12 zapnut, mění se nejvyšší místo x -ové souřadnice podle kódu 2, není-li zapnut, mění se 100kilometrová číslice podle kódu 1. Obdobné změny nastávají podle polohy vypínače V13 na nejvyšším místě y -ové souřadnice.

Při děrování zkrácených souřadnic je vypínač V11 zapnut. Tím jsou hradla H3 a H4 zablokována a výhybky W1 a W4 se nebudí. Impulsy z číslicových selektorů proto procházejí přímo do dekodéru a v závislosti na hodnotě vyděrované ve štítku nabudí dekodérová relé 1–9.

Další postup je již shodný při děrování plném i zkráceném.

Až dosud jsme uvažovali, že ve zkoumaném sloupci štítku je vyděrována číslice různá od nuly. Dálnopisný kód pro nulu je nastaven na klidových kontaktech relé 0. Buzení relé 0 je vedeno přes pracovní kontakty všech číslicových relé. V případě prázdného sloupce štítku nebo nadděrované nuly nevychází ze selektoru žádný puls, nebudí se tedy žádné číslicové relé 1–9 a do děrné pásky se vyděruje kód pro číslici nula.

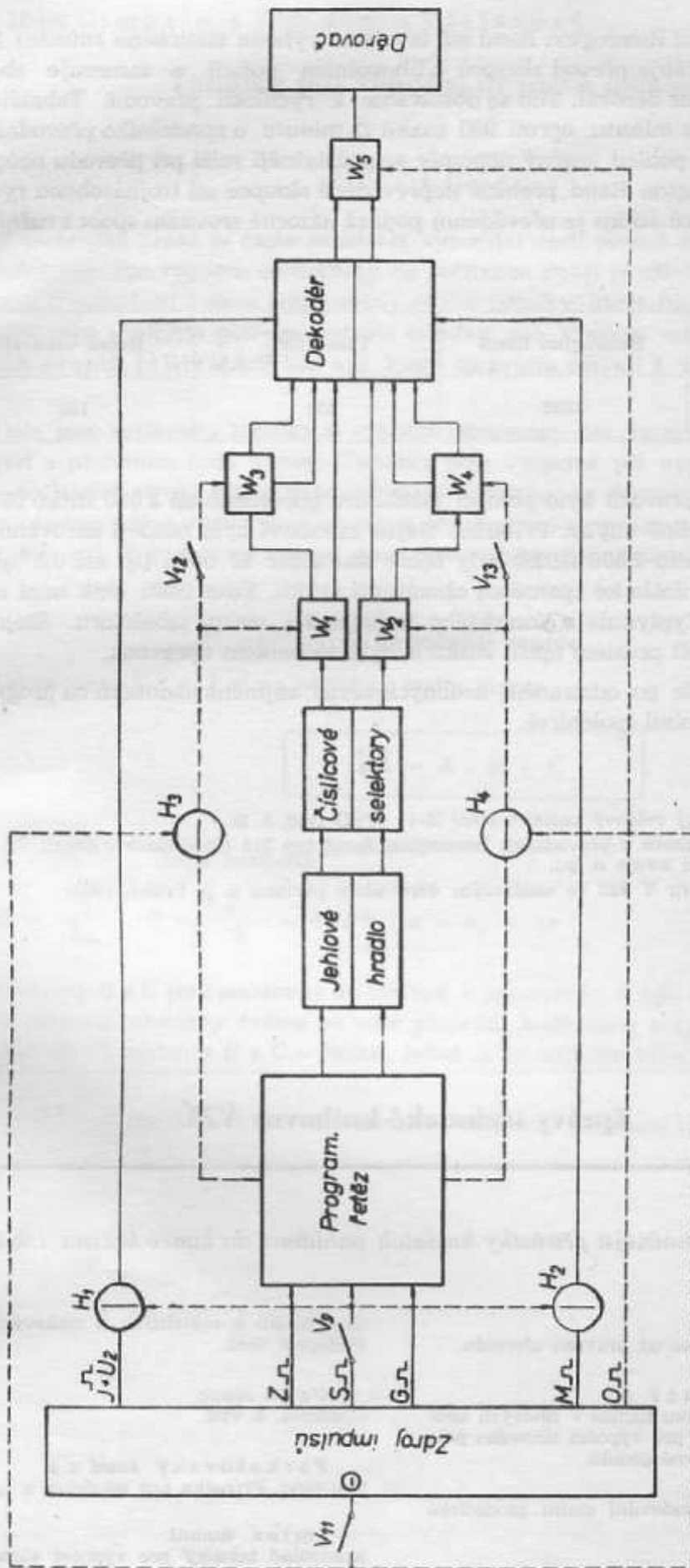
Po nabuzení dekodérových relé přicházejí čtecí pulsy $J+U_2$ a M, které přes kontakty relé nabudí příslušné magnety děrovače děrné pásky. Aby nemohlo dojít k současnému čtení z obou dekodérů, jsou lichá a sudá místa rozlišena výhybkou W5 buzenou pulsem 0.

5. Zhodnocení převodníku

Z ekonomického hlediska má použití tabelátoru T 320 jako převodníku ze štítku na pásku zejména tyto přednosti:

- minimální pořizovací náklady, které se prakticky rovnají ceně 1 programové desky s propojovacími kablíky,
- speciální převodník pořízený za západní valuty nemůže být všude plně využit a naopak u děrnoštítkové soupravy není časově plně vytižen tabelátor.

Po technické stránce splňuje popsaný převodník prakticky všechny uvedené obecné i konkrétní požadavky. Změnou zapojení na programové desce je možno převádět hodnoty z různých sloupců štítku a upravovat vstupní hodnoty podle téměř libovolných požadavků. Omezení dává pouze počet použitelných výhybek tabelátoru (50), který dovoluje převést asi polovinu údajů ze štítku do pásky. Větší možnosti nastanou po připojení pomocné reléové skříně, kterou nabízí n. p. Aritma. Pro převážnou většinu úloh bude však převod 45 sloupců plně dostačovat.



Blockové schéma převodníku

Proti převodníku Remington Rand má tabelátor výhodu statického snímání (celého štítku najednou), které umožňuje převod sloupců v libovolném pořadí a zamezuje zbytečné čtení sloupců, které nechceme děrovat. Tím se dostáváme k rychlosti převodu. Tabelátor umožňuje děrování 250 znaků za minutu, oproti 900 znaků za minutu u speciálního převodníku Remington Rand. Tento na první pohled značný nepoměr se podstatněji sníží při převodu neúplných štítků, kde převodník Remington Rand přebíhá nepřeváděné sloupce asi trojnásobnou rychlostí. V našem případě (18 sloupců štítku je převáděno) podává názorné srovnání spolu s ručním děrováním pásky tato tabulka:

	Remington Rand	Tabelátor	Ruční děrování
Počet štítků za hodinu	1300	830	100

Ve zkušebním provozu bylo pomocí tabelátoru převedeno asi 3 000 štítků (50 000 vyděrovaných znaků) bez jediné chyby. Přibližně stejné množství bylo později děrováno pro výpočty na počítači Z-11. Z počtu 2 500 štítků byly místo souřadnic 12 bodů (tj. asi 0,5 %) naděrovány nuly. Zjistili jsme, že došlo ke špatnému ohmátnutí štítku. Tuto vadu však není možno přičíst na účet převodníku. Vyplynula z okamžitého technického stavu tabelátoru. Stejná chyba se potom vyskytovala i při prostém opisu štítku a byla technikem opravena.

Lze tedy říci, že po odstranění drobných závad, zejména nedoteků na programové desce, pracuje celé zařízení velmi spolehlivě.

Literatura:

Saga V. ing.: Samočinný reléový počítač Z-11 (VTO 1960, č. 2).

Sova O. prom. ek.: Informace o převodníku Remington Rand typ 318 (Informace z oboru automatizace, roč. 1962, č. 7, Kancelářské stroje n. p.).

Technický popis tabelátoru T 320 se součtovým děrovačem (Aritma n. p. Praha, 1963).

Zprávy technické knihovny VZÚ

Některé významnější přírůstky knižních publikací do konce března 1964

Bromford G.
Tvar Země. Jeho odchylka od pravého sferoidu.

Vening - Meinesz F. A.
Vzorec vyjadřující odchylku tížnice v tíhových anomáliích a některé vzorce pro výpočet tíhového pole a tíhového potencionálu vně geoidu.

Základní ustanovení o budování státní geodetické sítě SSSR.

Práce ČVUT. Rada I - stavební. Č. 5. - Geodézie a kartografie. Vědecká konference.

Symposium o světelných a rádiových dálkoměrech
Budapešť 1963.

Pach Jakub
Geodézie. 3. vyd.

Farkašovský Jozef a j.
Geo-topo. Průručka pre geodetov a topografov.

Imler Rudolf
Kontrolné tabulky pre výpočet súradnicových prírastkov počítačím strojom. Stotinné a šesťdesiatinné delenie.

Tabulky pro výpočet druhých odmocnin

1 Úvod

V technické praxi je často zapotřebí vypočítat dosti přesně druhou odmocninu. Kterýkoli ze známých způsobů výpočtu odmocniny na počítacím stroji je zdoluhavý a pro počtáře únavný. Proto byly v minulosti i dnes sestavovány různé tabulky, které by výpočet urychlily. Navíc se v poslední době vyskytla potřeba sestavit tabulky pro výpočet odmocnin na děrnoštitkových počítacích strojích (ARITMA T 520 aj.), které zpravidla užívají k výpočtu kvadratické interpolace.

Dále jsou sestaveny tabulky k výpočtu odmocnin *bez interpolace*, pouhým násobením dvou čísel a přičtením čísla třetího. Tabulky jsou výhodné při výpočtech na běžných typech stolních počítacích strojů a jsou dále určeny k výpočtům na děrnoštitkových počítacích strojích, kde je možno vypočíst odmocninu *na jeden průchod strojem* (operace z předlohového štitku, deska č. 40), což je *podstatná úspora* proti dosavadním způsobům, užívajícím interpolace.

2 Výpočetní vzorce

Odmocninu $\sqrt{A} = \sqrt{a^2} = a$ počítáme podle vzorce

$$\sqrt{A} = A \cdot B + C$$

kde

$A = a^2$. . . daná hodnota,

$B = \frac{1}{2a_0}$, $C = \frac{a_0}{2} - 1 \cdot 10^{-k}$, $a = a_0 + \Delta a$.

Hodnoty B a C jsou sestaveny do tabulek k argumentu A tak, že vždy jedna hodnota B a C platí pro interval, omezený dvěma po sobě jdoucími hodnotami argumentu A . Vyhledáme tedy (*bez interpolace!*) hodnoty B a C v řádku, jehož A je nejbliže nižší k dané hodnotě a^2 (viz tabulky).

Odečtení hodnoty $1 \cdot 10^{-k}$ (v C) souvisí se zvolenou přesností tabulek - viz dále.

3 Rozsah a přesnost tabulek

Tabulky odmocnin jsou zpravidla sestaveny v intervalu

<1.100> . . . argument a
 <1, 10> . . . odmocnina.

Posunu desetinné čárky u argumentu o dvě místa odpovídá - jak je všeobecně známo - posun desetinné čárky o jedno místo u odmocniny.

Vypočtená hodnota odmocniny a' se od přesné hodnoty a liší o předem zvolenou hodnotu $\pm \varepsilon$, $\varepsilon > 0$. V našem případě bylo zvoleno $\varepsilon = 1 \cdot 10^{-k}$. Dosáhneme toho vhodnou volbou velikosti Δa a tím současně intervalu tabulek:

$$a' = a^2 \cdot \frac{1}{2a_0} + \frac{a_0}{2} - 1 \cdot 10^{-k}$$

$$a' = a + \frac{\Delta a^2}{2a_0} - 1 \cdot 10^{-k}$$

Volíme tedy

$$\frac{\Delta a^2}{2a_0} \leq 2 \cdot 10^{-k}$$

a tím současně je

$$- 1 \cdot 10^{-k} \leq a - a' \leq + 1 \cdot 10^{-k}$$

Z předchozího odvození je zřejmý důvod odečtení hodnoty $1 \cdot 10^{-k}$ ve členu C; vzhledem k tomu, že rozdíl $a - a'$ by byl vždy kladný v intervalu $< 0, \varepsilon >$, je možno odečtením zmíněné hodnoty zvětšit interval Δa , a tím zmenšit počet tabelovaných hodnot. Rozdíl $a - a'$ je pak v intervalu $< -\varepsilon, +\varepsilon >$, a tudíž výsledek přesný v mezích $\pm \varepsilon$.

Je zřejmé, že tabulky sestavené pro největší prakticky požadovanou výpočetní přesnost postačí i pro méně přesné výpočty, avšak vyhledávání hodnot v tabulkách a výpočet sám lze při menší požadované přesnosti dále zjednodušit. Byly proto sestaveny tři tabulky, s přesností $\pm 1 \cdot 10^{-4}$, $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ a $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ ($k = 4, 5, 6$). Vlastnosti těchto tabulek jsou sestaveny v tomto přehledu:

Tabulka	Interval		Přesnost odmocniny	Relativní přesnost odmocniny	Přesnost (v mm) na délku (v km)	Přesnost (v cm) na délku (v km)	Přesnost (v cm) na délku (v km)
	argumentu	odmocniny					
I	<1.100>	<1.10>	$\pm 1 \cdot 10^{-4}$	$\pm 1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-3}$	± 100	± 10	± 1
II	<1.100>	<1.10>	$\pm 1 \cdot 10^{-5}$	$\pm 1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-3}$	± 10	± 1	$\pm 0,1$
III	<1.273>	<1.16,5>	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$	$\pm 1 \cdot 10^{-6} \div 0,6 \cdot 10^{-2}$	± 1	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$

Sestavené tabulky tedy umožňují vypočítat odmocniny v intervalu <1.16,5> s přesností $1 \cdot 10^{-6}$ až $0,6 \cdot 10^{-7}$, což odpovídá např. přesnosti

1 mm v délkách 10 m až 16,5 km,
 1 cm v délkách 100 m až 165 km,
 1 dm v délkách 1 km až 1 650 km a
 1 m v délkách 10 km až 16 500 km.

Tato přesnost zřejmě zcela postačí pro běžné technické výpočty a též pro naprostou většinu výpočtů speciálních.

4 Příklady

Způsob výpočtu je zřejmý z těchto příkladů:

- 1) $A = a^2 = 1,4338$: hledáme (tab. I) v řádku, kde A (tab.) je rovno 1,4297:

$A \cdot B \dots 1,4338$	$0,4110$	\dots	$0,5892_1$
		$C \dots$	$0,6082$
		$\sqrt{A} = a \dots$	$1,1974_1$
		(přesná hodnota \dots)	$1,1974_1$

- 2) $A = a^2 = 1,433\ 768$ (tab. II):

$A \cdot B \dots 1,433\ 768$	$0,419\ 63$	\dots	$0,601\ 65_2$
		$C \dots$	$0,595\ 75$
		$\sqrt{A} = a \dots$	$1,197\ 40_2$
		(přesná hodnota \dots)	$1,197\ 40_1$

- 3) $A = a^2 = 2,024\ 329$ (tab. III):

$A \cdot B \dots 2,024\ 329$	$0,350\ 84$	\dots	$0,710\ 215_0$
		$C \dots$	$0,712\ 574$
		$\sqrt{A} = a \dots$	$1,422\ 789_0$
		(přesná hodnota \dots)	$1,422\ 789_2$

Výpočty se provádějí přímo ve stroji bez vypisování mezivýsledků.

5 Závěr

Tabulky pro výpočet odmocnin byly původně sestaveny pro přesné výpočty v trigonometrické síti (byly vypočteny pracovníky Geodetického a topografického ústavu v Praze pod vedením inž. dr. Jana Votruby a inž. Františka Hronka) a umožňovaly přesnost ± 1 mm pro strany o délce do 16,5 km. Z těch pak byly vybrány a uveřejněny v Geodetickém a kartografickém obzoru č. 10 1962 tabulky s přesností o jeden řád menší.

Tabulky, které následují byly vypočteny na samočinném počítači LGP-30 podle výpočetního programu, který umožnil zejména přesný výpočet neustále se měnícího kroku tabulek: takto sestavené tabulky obsahují co nejméně hodnot, jsou přehledné a snadno se s nimi pracuje. Počet tabelovaných hodnot v částech I, II a III stoupá vždy s $\sqrt{10}$ a nadto je třetí část rozšířena až po hodnotu 16,5 (u odmocniny).

Jak již bylo řečeno, je možno tabulek s výhodou použít při výpočtech odmocnin na běžných typech stolních počítačích strojů; výpočet je nesporně mnohem rychlejší než při dosud používaných metodách. Je k němu sice zapotřebí počítačového stroje, předpokládáme však, že číslo, jehož odmocninu hledáme, je stejně produktem nějakých operací na počítačím stroji. Snahu po vyhledání odmocniny z tabulek bez použití počítačového stroje (tabulky jsou pak nutně složitější a mnohem objemnější) považujeme při přesnosti, potřebné zejména v geodézii, za zbytečnou.

Tabulky jsou dále určeny k výpočtům na děrnoštitkovém počítači ARITMA T 520 aj., kde je možno pomocí desky č. 40 (oper. rychlost 8000 průchodů za hodinu) vypočítat odmocniny na jeden průchod strojem.

Relativní přesnost je u připojených tabulek $1 \cdot 10^{-4}$ až $0,6 \cdot 10^{-7}$: je možno ji měnit změnou intervalu tabulek prakticky zcela libovolně. Tabulky 10krát přesnější mají zhruba vždy 3krát větší počet tabelovaných hodnot.

A	B	C	A	B	C
1,0000	0,4910	0,5091	9,5211	0,1610	1,5527
1,0747	4730	5284	9,7691	1590	5722
1,1610	4560	5481	10,0093	1570	5923
1,2443	4400	5681	10,2763	1550	6128
1,3392	4250	5881	10,5361	1530	6339
1,4297	0,4110	0,6082	10,8242	0,1510	1,6555
1,5312	3970	6296	11,1056	1490	6778
1,6422	3840	6509	11,4170	1470	7006
1,7495	3720	6719	11,7225	1450	7240
1,8646	3600	6943	12,0599	1430	7482
1,9945	0,3490	0,7162	12,3923	0,1410	1,7729
2,1114	3390	7374	12,7586	1390	7985
2,2404	3290	7598	13,1212	1370	8247
2,3800	3190	7836	13,5200	1350	8518
2,5347	3100	8064	13,9163	1330	8796
2,6690	0,3020	0,8277	14,3515	0,1310	1,9083
2,8141	2940	8502	14,7859	1290	9379
2,9716	2860	8740	15,2622	1270	9684
3,1424	2780	8992	15,7397	1250	9999
3,3286	2710	9224	16,2625	1230	2,0324
3,4804	0,2650	0,9433	16,7888	0,1210	2,0660
3,6404	2590	9652	17,3643	1190	1007
3,8143	2530	9880	17,9463	1170	1367
3,9982	2470	1,0120	18,5822	1150	1738
4,1985	2410	0372	19,2278	1130	2123
4,4115	0,2350	1,0637	19,9327	0,1110	2,2522
4,6439	2290	0916	20,6516	1090	2935
4,8923	2240	1160	21,4361	1070	3363
5,0735	2200	1363	22,2396	1050	3809
5,2579	2160	1573	23,1063	1031	4247
5,4598	0,2120	1,1791	23,9522	0,1013	2,4678
5,6661	2080	2018	24,7755	0996	5099
5,8919	2040	2254	25,6309	0979	5535
6,1238	2000	2499	26,5421	0963	5960
6,3775	1960	2754	27,3770	0948	6370
6,6392	0,1920	1,3020	28,2630	0,0933	2,6795
6,9256	1880	3297	29,1805	0918	7232
7,2226	1840	3586	30,1544	0903	7684
7,5476	1800	3888	31,1688	0889	8120
7,8863	1760	4204	32,1002	0876	8538
8,2573	0,1720	1,4534	33,0614	0,0863	2,8968
8,6459	1690	4792	34,0764	0850	9411
8,8611	1670	4969	35,1329	0837	9868
9,0677	1650	5151	36,2416	0824	3,0339
9,2985	1630	5336	37,4042	0811	0825

A	B	C
38,6200	0,0799	3,1288
39,7039	0788	1725
40,8232	0777	2174
41,9995	0766	2637
43,2188	0755	3112
44,5009	0,0744	3,3601
45,8315	0733	4106
47,2340	0722	4626
48,6883	0712	5111
49,9467	0703	5561
51,2298	0,0694	3,6022
52,5872	0685	6496
53,9769	0676	6981
55,4414	0667	7480
56,9527	0658	7993
58,5363	0,0649	3,8520
60,1788	0640	9062
61,8976	0632	9556
63,2868	0625	9999
64,7172	0618	4,0452
66,2026	0,0611	4,0916
67,7345	0604	1390
69,3239	0597	1875
70,9688	0590	2373
72,6739	0583	2881
74,4372	0,0576	4,3402
76,2740	0569	3936
78,1650	0562	4483
80,1473	0555	5044
82,1833	0548	5619
84,3220	0,0541	4,6210
86,5179	0535	6728
88,1740	0530	7169
89,8306	0525	7618
91,5792	0520	8076
93,3369	0,0515	4,8544
95,1854	0510	9019
97,1861	0505	9503
99,6583	0500	5,0000
101,9595	0495	0504

D	E	F
38,6200	0,0799	3,1288
39,7039	0788	1725
40,8232	0777	2174
41,9995	0766	2637
43,2188	0755	3112
44,5009	0,0744	3,3601
45,8315	0733	4106
47,2340	0722	4626
48,6883	0712	5111
49,9467	0703	5561
51,2298	0,0694	3,6022
52,5872	0685	6496
53,9769	0676	6981
55,4414	0667	7480
56,9527	0658	7993
58,5363	0,0649	3,8520
60,1788	0640	9062
61,8976	0632	9556
63,2868	0625	9999
64,7172	0618	4,0452
66,2026	0,0611	4,0916
67,7345	0604	1390
69,3239	0597	1875
70,9688	0590	2373
72,6739	0583	2881
74,4372	0,0576	4,3402
76,2740	0569	3936
78,1650	0562	4483
80,1473	0555	5044
82,1833	0548	5619
84,3220	0,0541	4,6210
86,5179	0535	6728
88,1740	0530	7169
89,8306	0525	7618
91,5792	0520	8076
93,3369	0,0515	4,8544
95,1854	0510	9019
97,1861	0505	9503
99,6583	0500	5,0000
101,9595	0495	0504

A	B	C	A	B	C
1,00000	0,49685	0,50316	2,71717	0,30184	0,82824
1,02552	49065	50952	2,77099	29890	83639
1,05151	48457	51591	2,82567	29600	84458
1,07797	47860	52235	2,88119	29315	85280
1,10497	47274	52882	2,93717	29035	86102
1,13242	0,46699	0,53533	2,99395	0,28759	0,86928
1,16040	46134	54189	3,05156	28486	87761
1,18892	45579	54849	3,11038	28216	88601
1,21797	45034	55513	3,17005	27950	89444
1,24753	44499	56180	3,23049	27688	90291
1,27760	0,43974	0,56851	3,29175	0,27430	0,91140
1,30818	43458	57526	3,35375	27176	91992
1,33937	42951	58205	3,41655	26926	92846
1,37106	42453	58888	3,48006	26679	93706
1,40334	41963	59575	3,54484	26435	94571
1,43623	0,41482	0,60266	3,61034	0,26195	0,95437
1,46957	41010	60960	3,67655	25958	96308
1,50350	40546	61657	3,74400	25724	97185
1,53800	40090	62359	3,81217	25493	98065
1,57308	39641	63065	3,88156	25265	98950
1,60888	0,39199	0,63776	3,95166	0,25040	0,99839
1,64524	38765	64490	4,02297	24818	1,00732
1,68215	38338	65208	4,09496	24599	01629
1,71978	37918	65931	4,16815	24383	02529
1,75793	37505	66657	4,24200	24170	03433
1,79679	0,37098	0,67388	4,31704	0,23960	1,04340
1,83635	36698	68123	4,39269	23753	05249
1,87642	36305	68860	4,46950	23548	06165
1,91717	35918	69602	4,54766	23346	07084
1,95861	35537	70348	4,62621	23147	08004
2,00072	0,35162	0,71098	4,70608	0,22950	1,08931
2,04351	34793	71853	4,78712	22755	09865
2,08695	34430	72610	4,86948	22563	10800
2,13106	34073	73371	4,95216	22374	11736
2,17580	33721	74137	5,03612	22187	12678
2,22144	0,33374	0,74908	5,12123	0,22002	1,13625
2,26772	33033	75681	5,20765	21819	14578
2,31460	32697	76459	5,29522	21639	15531
2,36238	32366	77241	5,38310	21462	16484
2,41075	32040	78026	5,47208	21287	17442
2,46000	0,31719	0,78816	5,56232	0,21114	1,18404
2,50984	31403	79609	5,65364	20943	19371
2,56052	31091	80408	5,74622	20774	20342
2,61211	30784	81210	5,83987	20607	21317
2,66420	30482	82015	5,93477	20442	22296

A	B	C
6,03072	0,20279	1,23279
6,12789	20118	24266
6,22610	19959	25256
6,32551	19802	26249
6,42592	19647	27245
6,52750	0,19493	1,28250
6,63140	19340	29265
6,73652	19189	30282
6,84261	19040	31302
6,94988	18893	32323
7,05807	0,18748	1,33347
7,16740	18605	34371
7,27758	18464	35398
7,38885	18324	36432
7,50255	18185	37475
7,61737	0,18048	1,38518
7,73297	17913	39562
7,84961	17779	40614
7,96875	17646	41674
8,08896	17515	42734
8,20984	0,17386	1,43793
8,33172	17258	44859
8,45613	17131	45933
8,58155	17006	47006
8,70751	16883	48077
8,83438	0,16761	1,49155
8,96381	16640	50239
9,09416	16520	51331
9,22711	16401	52429
9,36099	16284	53524
9,49517	0,16168	1,54625
9,63254	16053	55733
9,77020	15940	56837
9,90861	15828	57947
10,04968	15717	59062
10,19150	0,15607	1,60183
10,33602	15498	61310
10,48126	15390	62442
10,62922	15283	63579
10,77789	15178	64711
10,92642	0,15074	1,65847
11,07842	14971	66989
11,23024	14869	68134
11,38554	14768	69284
11,54063	14668	70438

A	B	C
11,69922	0,14569	1,71596
11,85754	14471	72758
12,01936	14374	73924
12,18087	14278	75094
12,34588	14183	76266
12,51053	0,14089	1,77442
12,67867	13996	78621
12,84639	13904	79803
13,01758	13813	80988
13,18829	13723	82175
13,36245	0,13633	1,83378
13,54000	13544	84583
13,71716	13456	85790
13,89769	13369	86999
14,07774	13283	88209
14,26111	0,13198	1,89422
14,44393	13114	90635
14,63003	13030	91864
14,82000	12947	93094
15,00882	12865	94325
15,20147	0,12784	1,95556
15,39285	12704	96787
15,58800	12624	98034
15,78676	12545	99282
15,98439	12467	2,00528
16,18556	0,12390	2,01775
16,38547	12314	03020
16,58884	12238	04281
16,79630	12163	05540
17,00182	12089	06799
17,21135	0,12015	2,08072
17,42456	11942	09344
17,63608	11870	10614
17,85119	11798	11899
18,07054	11727	13182
18,28746	0,11657	2,14462
18,50852	11587	15758
18,73339	11518	17051
18,95604	11450	18340
19,18239	11382	19644
19,41312	0,11314	2,20964
19,64772	11247	22280
19,87987	11181	23593
20,11576	11115	24920
20,35626	11050	26243

A	B	C
20,59328	0,10986	2,27561
20,83477	10922	28895
21,08022	10859	30223
21,32252	10797	31545
21,56860	10735	32882
21,81939	0,10673	2,34235
22,07416	10612	35581
22,32544	10552	36921
22,58052	10492	38276
22,84051	10432	39646
23,10450	0,10373	2,41009
23,36464	10315	42364
23,62856	10257	43735
23,89761	10199	45121
24,17064	10142	46499
24,43941	0,10086	2,47867
24,71193	10030	49251
24,98980	09974	50651
25,27161	09919	52041
25,54871	09865	53420
25,82951	0,09811	2,54815
26,11585	09757	56225
26,40608	09704	57625
26,69111	09652	59013
26,97975	09600	60416
27,27412	0,09548	2,61834
27,57231	09496	63268
27,87645	09444	64717
28,18461	09393	66155
28,48686	09343	67579
28,79280	0,09293	2,69019
29,10490	09243	70474
29,42089	09194	71915
29,73037	09146	73343
30,04340	09098	74785
30,36276	0,09050	2,76242
30,68587	09002	77715
31,01554	08954	79204
31,34917	08907	80677
31,67542	08861	82134
32,00523	0,08815	2,83606
32,34178	08769	85094
32,68210	08724	86565
33,01429	08680	88017
33,34983	08636	89485

A	B	C
33,69226	0,08592	2,90967
34,03824	08548	92465
34,39134	08504	93978
34,74818	08461	95472
35,09585	08419	96946
35,44679	0,08377	2,98435
35,80499	08335	99939
36,16667	08293	3,01458
36,53585	08251	02993
36,90871	08210	04506
37,27120	0,08170	3,05997
37,63685	08130	07502
38,01012	08090	09022
38,38675	08050	10558
38,77124	08010	12109
39,15929	0,07970	3,13675
39,55546	07930	15258
39,95539	07891	16816
40,34330	07853	18349
40,73438	07815	19897
41,13370	0,07777	3,21460
41,53638	07739	23038
41,94756	07701	24632
42,36231	07664	26199
42,76354	07628	27739
43,16770	0,07592	3,29293
43,58042	07556	30862
43,99627	07520	32446
44,42094	07484	34045
44,84894	07448	35660
45,28601	0,07412	3,37290
45,72663	07377	38890
46,15163	07343	40459
46,57944	07309	42043
47,01638	07275	43642
47,45632	0,07241	3,45255
47,90567	07207	46884
48,35821	07173	48528
48,82042	07139	50188
49,28605	07106	51814
49,73369	0,07074	3,53406
50,18393	07042	55012
50,64386	07010	56632
51,10656	06978	58268
51,57923	06946	59918

A	B	C
52,05488	0,06914	3,61584
52,54076	06882	63265
53,02984	06851	64909
53,49826	06821	66514
53,96895	06791	68133
54,44987	0,06761	3,69767
54,93324	06731	71415
55,42709	06701	73078
55,92360	06671	74755
56,43086	06641	76448
56,94098	0,06611	3,78157
57,46215	06581	79880
57,98639	06552	81562
58,48633	06524	83199
58,98829	06496	84851
59,50124	0,06468	3,86517
60,01639	06440	88198
60,54280	06412	89893
61,07160	06384	91603
61,61195	06356	93328
62,15489	0,06328	3,95069
62,70967	06300	96824
63,26726	06273	98532
63,79638	06246	4,00255
64,36825	06219	01993
64,91158	0,06193	4,03681
65,45603	06167	05382
66,01317	06141	07099
66,57162	06115	08830
67,14304	06089	10575
67,71598	0,06063	4,12336
68,30218	06037	14112
68,89009	06011	15903
69,49158	05985	17710
70,09501	05960	19462
70,66499	0,05935	4,21229
71,28345	05910	23011
71,86836	05886	24736
72,45321	05862	26475
73,05255	05838	28228
73,65201	0,05814	4,29996
74,26626	05790	31778
74,88081	05766	33575
75,51046	05742	35387
76,14061	05718	37215

A	B	C
76,78620	0,05694	4,39058
77,43248	05670	40916
78,09454	05646	42790
78,75751	05623	44602
79,38022	05601	46348
80,00222	0,05579	4,48108
80,63973	05557	49882
81,27668	05535	51670
81,92945	05513	53473
82,58184	05491	55289
83,25036	0,05469	4,57121
83,91870	05447	58967
84,60347	05425	60828
85,28827	05403	62705
85,98984	05381	64597
86,69165	0,05359	4,66504
87,41058	05337	68427
88,12995	05316	70277
88,80010	05296	72053
89,46879	05276	73843
90,15423	0,05256	4,75646
90,83838	05236	77463
91,53957	05216	79293
92,23965	05196	81138
92,95709	05176	82997
93,67359	0,05156	4,84871
94,40780	05136	86759
95,14124	05116	88662
95,89273	05096	90580
96,64365	05076	92513
97,41297	0,05056	4,94461
98,18193	05036	96425
98,96966	05016	98404
99,75723	04997	5,00299
100,4836	04978	02209

A	B	C
1,000000	0,49901	0,500991
1,007951	49704	502977
1,015948	49508	504968
1,024008	49313	506965
1,032113	49119	508967
1,040282	0,48926	0,510975
1,048496	48734	512988
1,056773	48543	515006
1,065095	48353	517030
1,073481	48164	519059
1,081912	0,47976	0,521093
1,090407	47789	523132
1,098946	47603	525176
1,107549	47418	527225
1,116197	47234	529279
1,124908	0,47051	0,531337
1,133664	46870	533389
1,142386	46690	535446
1,151247	46511	537506
1,160074	46333	539571
1,169040	0,46156	0,541640
1,177971	45980	543714
1,187042	45805	545791
1,196077	45631	547872
1,205252	45458	549957
1,214389	0,45286	0,552046
1,223667	45115	554138
1,232906	44945	556234
1,242286	44776	558334
1,251625	44608	560437
1,261106	0,44441	0,562543
1,270545	44275	564652
1,280125	44109	566777
1,289780	43944	568905
1,299460	43780	571036
1,309215	0,43617	0,573170
1,318994	43455	575307
1,328847	43294	577446
1,338724	43134	579588
1,348674	42975	581733
1,358647	0,42817	0,583879
1,368691	42660	586028
1,378758	42504	588179
1,388896	42349	590332
1,399055	42195	592486

A	B	C
1,409283	0,42042	0,594642
1,419532	41890	596800
1,429850	41738	598974
1,440324	41586	601163
1,450869	41435	603354
1,461435	0,41285	0,605546
1,472070	41136	607739
1,482724	40988	609934
1,493447	40841	612129
1,504187	40695	614325
1,514995	0,40550	0,616522
1,525818	40406	618719
1,536707	40262	620932
1,547764	40118	623161
1,558890	39975	625390
1,570030	0,39833	0,627619
1,581238	39692	629849
1,592458	39552	632078
1,603745	39413	634308
1,615042	39275	636536
1,626405	0,39137	0,638781
1,637942	38999	641041
1,649548	38862	643301
1,661161	38726	645560
1,672842	38591	647818
1,684528	0,38457	0,650076
1,696280	38324	652332
1,708034	38192	654586
1,719853	38060	656857
1,731853	37928	659143
1,743920	0,37797	0,661427
1,755988	37667	663710
1,768120	37538	665991
1,780251	37410	668270
1,792444	37282	670564
1,804825	0,37154	0,672874
1,817272	37027	675182
1,829715	36901	677487
1,842220	36776	679790
1,854718	36652	682090
1,867277	0,36528	0,684406
1,880031	36404	686737
1,892849	36281	689065
1,905656	36159	691390
1,918524	36037	693730

A	B	C	A	B	C
1,931593	0,35915	0,696087	2,586379	0,31042	0,805360
1,944726	35794	698440	2,602477	30946	807858
1,957845	35674	700790	2,618622	30850	810372
1,971025	35555	703135	2,635023	30754	812901
1,984188	35437	705476	2,651472	30659	815420
1,997409	0,35319	0,707833	2,667835	0,30565	0,817928
2,010837	35201	710206	2,684241	30471	820451
2,024327	35084	712574	2,700907	30377	822990
2,037795	34968	714938	2,717620	30284	825517
2,051322	34852	717318	2,734238	30191	828060
2,065061	0,34736	0,719713	2,751260	0,30098	0,830619
2,078861	34621	722104	2,768189	30006	833166
2,092636	34507	724490	2,785158	29914	835728
2,106469	34394	726870	2,802400	29822	838306
2,120273	34282	729245	2,819686	29731	840872
2,134132	0,34170	0,731635	2,836869	0,29641	0,843425
2,148208	34058	734041	2,854088	29551	845994
2,162343	33947	736441	2,871586	29461	848578
2,176444	33837	738835	2,889124	29372	851150
2,190599	33727	741245	2,906550	29284	853708
2,204976	0,33617	0,743670	2,924009	0,29196	0,856281
2,219412	33508	746090	2,941751	29108	858869
2,233808	33400	748502	2,959529	29020	861474
2,248258	33292	750930	2,977596	28932	864094
2,262935	33184	753374	2,995701	28845	866700
2,277670	0,33077	0,755811	3,013682	0,28759	0,869292
2,292358	32971	758241	3,031695	28673	871899
2,307102	32865	760687	3,050001	28587	874522
2,322076	32759	763148	3,068342	28502	877130
2,337108	32654	765602	3,086548	28417	879754
2,352088	0,32550	0,768048	3,105218	0,28332	0,882394
2,367120	32446	770510	3,123756	28248	885017
2,382390	32342	772988	3,142319	28164	887657
2,397715	32239	775457	3,161189	28080	890312
2,412982	32137	777918	3,180088	27997	892952
2,428300	0,32035	0,780395	3,198843	0,27915	0,895575
2,443861	31933	782888	3,217619	27833	898213
2,459475	31832	785372	3,236707	27751	900867
2,475025	31732	787847	3,255818	27669	903537
2,490625	31632	790338	3,275247	27587	906223
2,506472	0,31532	0,792844	3,294702	0,27506	0,908892
2,522371	31433	795342	3,313998	27426	911543
2,538199	31335	797829	3,333313	27346	914210
2,554074	31237	800332	3,352948	27266	916892
2,570201	31139	802851	3,372606	27187	919556

III

A	B	C
3,392091	0,27108	0,922236
3,412092	27029	924932
3,431923	26951	927608
3,451764	26873	930301
3,471942	26795	933009
3,492132	0,26718	0,935698
3,512139	26641	938402
3,532680	26564	941122
3,553039	26488	943823
3,573399	26412	946538
3,594111	0,26336	0,949270
3,614827	26261	951981
3,635346	26186	954708
3,656418	26111	957450
3,677295	26037	960171
3,698163	0,25963	0,962908
3,719398	25889	965660
3,740628	25816	968391
3,761647	25743	971137
3,783237	25670	973898
3,804620	0,25598	0,976638
3,825982	25526	979393
3,847727	25454	982163
3,869455	25382	984949
3,891572	25310	987751
3,913674	0,25239	0,990530
3,935547	25169	993284
3,957395	25099	996055
3,979635	25029	998840
4,001853	24959	1,001642
4,024468	0,24889	1,004459
4,047064	24820	007251
4,069408	24752	010018
4,091721	24684	012801
4,114435	24616	015599
4,137121	0,24548	1,018412
4,160214	24480	021241
4,183281	24413	024044
4,206072	24346	026862
4,229520	24279	029695
4,252693	0,24213	1,032502
4,275825	24147	035324
4,299379	24081	038162
4,322894	24015	041015
4,346837	23949	043884

A	B	C
4,370745	0,23884	1,046725
4,394351	23819	049581
4,418649	23754	052453
4,442648	23690	055297
4,466592	23626	058155
4,490982	0,23562	1,061030
4,515320	23498	063919
4,540108	23434	066825
4,564849	23371	069701
4,589262	23309	072546
4,613612	0,23247	1,075407
4,638416	23185	078282
4,663161	23123	081174
4,688364	23061	084080
4,713512	22999	087003
4,739123	0,22937	1,089941
4,764682	22876	092847
4,789875	22816	095721
4,815000	22756	098610
4,840592	22696	101515
4,866119	0,22636	1,104434
4,892119	22576	107370
4,918056	22516	110320
4,944473	22456	113287
4,970830	22397	116220
4,996780	0,22338	1,119168
5,023554	22279	122132
5,049922	22221	125061
5,076208	22163	128005
5,102992	22105	130965
5,129695	0,22047	1,133940
5,156902	21989	136931
5,184032	21932	139886
5,210722	21875	142856
5,238275	21818	145842
5,265389	0,21762	1,148790
5,292403	21706	151754
5,319937	21650	154733
5,347373	21594	157728
5,375337	21538	160738
5,403204	0,21482	1,163764
5,431606	21426	166806
5,459915	21371	169809
5,487738	21317	172772
5,515450	21263	175750

A	B	C
5,543697	0,21209	1,178744
5,571836	21155	181753
5,600517	21101	184777
5,629092	21047	187817
5,658215	20993	190872
5,687235	0,20940	1,193886
5,715718	20887	196916
5,745178	20834	199961
5,774103	20782	202963
5,802896	20730	205981
5,832256	0,20678	1,209013
5,861489	20626	212061
5,891293	20574	215125
5,920973	20522	218204
5,951231	20470	221298
5,981367	0,20419	1,224349
6,010912	20368	227415
6,041499	20317	230496
6,071495	20267	233531
6,101339	20217	236582
6,131781	0,20167	1,239648
6,162073	20117	242729
6,192969	20067	245826
6,223719	20017	248937
6,255078	19967	252065
6,286294	0,19918	1,255145
6,316859	19869	258240
6,348534	19820	261351
6,379559	19771	264477
6,411704	19722	267619
6,443198	0,19674	1,270712
6,474506	19626	273819
6,506462	19578	276942
6,538235	19530	280081
6,570663	19482	283235
6,602910	0,19434	1,286404
6,635818	19386	289589
6,668549	19339	292724
6,700564	19292	295873
6,733771	19245	299038
6,766261	0,19199	1,302150
6,798539	19153	305278
6,831498	19107	308420
6,864246	19061	311578
6,897682	19015	314750

A	B	C
6,930910	0,18969	1,317939
6,964833	18923	321143
6,998550	18877	324362
7,032969	18831	327597
7,067185	18786	330777
7,100600	0,18741	1,333973
7,135306	18696	337183
7,169211	18652	340338
7,202874	18608	343507
7,237260	18564	346692
7,271406	0,18520	1,349891
7,306282	18476	353106
7,340921	18432	356336
7,376296	18388	359581
7,411437	18344	362842
7,447322	0,18300	1,366119
7,482975	18257	369337
7,517733	18214	372570
7,553888	18171	375818
7,589147	18129	379005
7,624133	0,18087	1,382207
7,659884	18045	385424
7,695363	18003	388656
7,731614	17961	391904
7,767596	17919	395166
7,804356	0,17877	1,398444
7,840850	17835	401737
7,878130	17793	405046
7,915146	17751	408370
7,952956	17709	411711
7,990503	0,17668	1,414986
8,027036	17627	418278
8,065104	17586	421584
8,102157	17546	424825
8,138901	17506	428081
8,176461	0,17466	1,431351
8,213716	17426	434637
8,251793	17386	437938
8,289567	17346	441254
8,328171	17306	444585
8,366473	0,17266	1,447931
8,405614	17226	451294
8,444455	17186	454671
8,484142	17146	458065
8,523532	17107	461389

A	B	C
8,561776	0,17068	1,464728
8,601703	17029	468083
8,640481	16991	471366
8,678912	16953	474664
8,718211	16915	477977
8,757165	0,16877	1,481305
8,796995	16839	484648
8,836482	16801	488006
8,876852	16763	491379
8,916880	16725	494767
8,957801	0,16687	1,498171
8,998382	16649	501591
9,039863	16611	505026
9,081006	16574	508386
9,120857	16537	511760
9,162549	0,16500	1,515150
9,202946	16463	518556
9,245195	16426	521976
9,286148	16390	525319
9,326690	16354	528677
9,368184	0,16318	1,532050
9,409268	16282	535437
9,451311	16246	538839
9,492947	16210	542257
9,535550	16174	545690
9,577748	0,16138	1,549138
9,620921	16102	552601
9,663690	16066	556080
9,707443	16030	559575
9,750794	15995	562987
9,792691	0,15960	1,566415
9,836607	15925	569858
9,879066	15890	573316
9,923558	15855	576789
9,966590	15821	580177
10,009139	0,15787	1,583580
10,052726	15753	586998
10,095831	15719	590431
10,139983	15685	593878
10,183655	15651	597341
10,228382	0,15617	1,600819
10,272629	15583	604311
10,317941	15549	607819
10,362775	15515	611343
10,408682	15481	614882

A	B	C
10,454113	0,15447	1,618436
10,500625	15413	622006
10,546664	15380	625487
10,591040	15347	628982
10,637667	15314	632492
10,682628	0,15281	1,636018
10,729852	15248	639558
10,775409	15216	643006
10,820400	15184	646469
10,866531	15152	649946
10,912099	0,15120	1,653438
10,958814	15088	656945
11,004968	15056	660467
11,052278	15024	664003
11,099028	14992	667555
11,146942	0,14960	1,671122
11,194299	14928	674704
11,242829	14896	678302
11,290802	14864	681915
11,339957	14832	685544
11,388558	0,14801	1,689074
11,435263	14770	692619
11,484468	14739	696179
11,531774	14708	699754
11,581595	14677	703344
11,629512	0,14646	1,706950
11,679960	14615	710570
11,728499	14585	714089
11,776357	14555	717622
11,825494	14525	721169
11,873951	0,14495	1,724732
11,923697	14465	728309
11,972763	14435	731901
12,023129	14405	735508
12,072814	14375	739129
12,123809	0,14345	1,742766
12,174125	14315	746419
12,225760	14285	750086
12,276716	14255	753770
12,329002	14225	757468
12,380610	0,14196	1,761058
12,430058	14167	764663
12,482292	14138	768283
12,532361	14109	771918
12,585231	14080	775567

A	B	C
12,635933	0,14051	1,779232
12,689450	14022	782912
12,740793	13994	786479
12,791315	13966	790061
12,843274	13938	793657
12,894412	0,13910	1,797267
12,946996	13882	800892
12,998761	13854	804532
13,051980	13826	808186
13,104381	13798	811856
13,158247	0,13770	1,815540
13,211293	13742	819239
13,265816	13714	822954
13,319520	13686	826683
13,374710	13658	830428
13,429082	0,13630	1,834188
13,484949	13602	837964
13,540001	13575	841620
13,592556	13548	845290
13,648258	13521	848975
13,701456	0,13494	1,852674
13,757817	13467	856389
13,811670	13440	860118
13,868702	13413	863862
13,923219	13386	867622
13,980932	0,13359	1,871397
14,036125	13333	875046
14,090307	13307	878709
14,146144	13281	882387
14,200970	13255	886080
14,257462	0,13229	1,889787
14,312942	13203	893508
14,370098	13177	897244
14,426243	13151	900995
14,484075	13125	904761
14,540896	0,13099	1,908542
14,599413	13073	912337
14,656920	13047	916148
14,716135	13021	919974
14,774339	12995	923816
14,834261	0,12969	1,927673
14,893174	12943	931545
14,953816	12917	935433
15,013449	12892	939186
15,070150	12867	942954

A	B	C
15,130468	0,12842	1,946736
15,187846	12817	950533
15,248860	12792	954346
15,306928	12767	958172
15,368648	12742	962014
15,427415	0,12718	1,965717
15,484986	12694	969433
15,544416	12670	973164
15,602650	12646	976909
15,662754	12622	980668
15,721660	0,12598	1,984441
15,782448	12574	988229
15,842038	12550	992031
15,903519	12526	995848
15,963802	12502	999679
16,025990	0,12478	2,003525
16,086977	12454	007386
16,149880	12430	011262
16,211582	12406	015153
16,275212	12382	019059
16,337641	0,12358	2,022980
16,402009	12334	026916
16,465176	12310	030868
16,530293	12286	034835
16,594210	12263	038652
16,654660	0,12240	2,042483
16,719287	12217	046328
16,780435	12194	050188
16,845783	12171	054062
16,907642	12148	057951
16,973719	0,12125	2,061855
17,036300	12102	065773
17,103118	12079	069707
17,166432	12057	073483
17,228292	12035	077274
17,292296	0,12013	2,081078
17,354845	11991	084896
17,419549	11969	088728
17,482797	11947	092574
17,548212	11925	096435
17,612170	0,11903	2,100310
17,678306	11881	104199
17,742983	11859	108102
17,809852	11837	112021
17,875260	11815	115953

A	B	C
17,942872	0,11793	2,119901
18,009022	11771	123863
18,077387	11749	127840
18,144290	11727	131832
18,213421	11705	135838
18,281089	0,11683	2,139860
18,350996	11661	143897
18,419440	11639	147950
18,490136	11617	152018
18,559367	11595	156101
18,630865	0,11573	2,160200
18,700896	11552	164126
18,766712	11531	168068
18,837495	11510	172023
18,904051	11489	175993
18,975596	0,11468	2,179978
19,042904	11447	183977
19,115221	11426	187991
19,183291	11405	192020
19,256393	11384	196064
19,325236	0,11364	2,199929
19,392314	11344	203807
19,461880	11324	207700
19,529679	11304	211606
19,599978	11284	215525
19,668509	0,11264	2,219459
19,739552	11244	223407
19,808824	11224	227369
19,880622	11204	231345
19,950646	11184	235335
20,023209	0,11164	2,239340
20,093997	11144	243359
20,167336	11124	247392
20,238898	11104	251440
20,313025	11084	255502
20,385372	0,11064	2,259580
20,460299	11044	263672
20,533442	11024	267778
20,609179	11004	271900
20,683131	10984	276037
20,759690	0,10964	2,280189
20,834463	10944	284356
20,911857	10924	288538
20,987462	10904	292736
21,065703	10884	296949

A	B	C
21,142152	0,10865	2,300965
21,213448	10846	304996
21,290684	10827	309041
21,362753	10808	313100
21,440787	10789	317174
21,513640	0,10770	2,321262
21,592483	10751	325364
21,666130	10732	329481
21,745793	10713	333612
21,820248	10694	337758
21,900743	0,10675	2,341919
21,976016	10657	345875
22,049085	10639	349844
22,125115	10621	353826
22,198939	10603	357822
22,275737	0,10585	2,361832
22,350326	10567	365855
22,427902	10549	369892
22,503267	10531	373943
22,581632	10513	378007
22,657782	0,10495	2,382086
22,736948	10477	386178
22,813894	10459	390285
22,893873	10441	394406
22,971625	10423	398541
23,052427	0,10405	2,402690
23,130998	10387	406854
23,212634	10369	411032
23,292035	10351	415225
23,374518	10333	419432
23,454759	0,10315	2,423654
23,538100	10297	427891
23,619195	10279	432142
23,703406	10261	436409
23,785366	10243	440690
23,870459	0,10225	2,444987
23,953297	10207	449298
24,039285	10189	453626
24,123013	10171	457968
24,209907	10153	462325
24,294540	0,10136	2,466455
24,372741	10119	470599
24,458205	10102	474756
24,537222	10085	478928
24,623531	10068	483114

A	B	C
24,703374	0,10051	2,487314
24,790538	10034	491528
24,871219	10017	495756
24,959251	10000	499999
25,040782	09983	504256
25,129691	0,09966	2,508528
25,212084	09949	512814
25,301883	09932	517115
25,385149	09916	521177
25,465586	09900	525252
25,549650	0,09884	2,529339
25,630882	09868	533440
25,715756	09852	537555
25,797792	09836	541683
25,883487	09820	545824
25,966338	0,09804	2,549979
26,052865	09788	554147
26,136540	09772	558329
26,223911	09756	562525
26,308423	09740	566734
26,396646	0,09724	2,570957
26,482007	09708	575195
26,571094	09692	579446
26,657313	09676	583711
26,747277	09660	587991
26,834367	0,09644	2,592284
26,925217	09628	596592
27,013190	09612	600914
27,104940	09596	605251
27,193808	09580	609602
27,286467	0,09564	2,613968
27,376242	09548	618348
27,469825	09532	622743
27,560518	09516	627153
27,655037	09500	631578
27,746661	0,09484	2,636018
27,842129	09468	640472
27,934697	09452	644942
28,031126	09436	649427
28,124649	09420	653927
28,222054	0,09404	2,658442
28,316547	09389	662689
28,402845	09374	666950
28,498221	09359	671224
28,585380	09344	675513

A	B	C
28,681648	0,09329	2,679815
28,769679	09314	684130
28,866853	09299	688460
28,955766	09284	692804
29,053857	09269	697162
29,143664	0,09254	2,701534
29,242685	09239	705920
29,333397	09224	710320
29,433359	09209	714734
29,524989	09194	719164
29,625905	0,09179	2,723607
29,718464	09164	728065
29,820345	09149	732538
29,913849	09135	736726
30,003575	09121	740926
30,097930	0,09107	2,745140
30,188499	09093	749367
30,283716	09079	753606
30,375139	09065	757859
30,471228	09051	762125
30,563515	0,09037	2,766404
30,660485	09023	770696
30,753648	09009	775002
30,851512	08995	779321
30,945561	08981	783653
31,044331	0,08967	2,787999
31,139276	08953	792359
31,238961	08939	796732
31,334817	08925	801119
31,435428	08911	805520
31,532204	0,08897	2,809935
31,633755	08883	814364
31,731462	08869	818806
31,833965	08855	823263
31,932614	08841	827733
32,036082	0,08827	2,832218
32,135686	08813	836718
32,240129	08799	841231
32,340701	08785	845759
32,446133	08771	850301
32,547684	0,08757	2,854858
32,654115	08743	859429
32,756661	08729	864016
32,864105	08715	868616
32,967657	08701	873232

A	B	C
33,076128	0,08687	2,877862
33,180698	08673	882508
33,290208	08659	887168
33,395809	08645	891844
33,506374	08631	896535
33,613021	0,08617	2,901241
33,724652	08603	905962
33,832359	08590	910360
33,929278	08577	914771
34,037934	08564	919196
34,135771	0,08551	2,923634
34,245389	08538	928085
34,344156	08525	932550
34,454746	08512	937029
34,554454	08499	941522
34,666027	0,08486	2,946028
34,766691	08473	950548
34,879258	08460	955082
34,980890	08447	959630
35,094462	08434	964192
35,197074	0,08421	2,968768
35,311665	08408	973358
35,415267	08395	977962
35,530891	08382	982581
35,635495	08369	987214
35,752166	0,08356	2,991861
35,857783	08344	996164
35,958283	08332	3,000479
36,064800	08320	004807
36,166188	08308	009147
36,273614	0,08296	3,013499
36,375901	08284	017865
36,484248	08272	022243
36,587443	08260	026633
36,696720	08248	031037
36,800836	0,08236	3,035453
36,911055	08224	039882
37,016102	08212	044324
37,127274	08200	048779
37,233261	08188	053248
37,345397	0,08176	3,057729
37,452338	08164	062223
37,565448	08152	066731
37,673355	08140	071252
37,787451	08128	075786

A	B	C
37,896333	0,08116	3,080334
38,011427	08104	084895
38,121296	08092	089470
38,237400	08080	094058
38,348268	08068	098660
38,465394	0,08056	3,103276
38,577273	08044	107906
38,695434	08032	112549
38,808336	08020	117206
38,927543	08008	121877
39,041481	0,07996	3,126562
39,161747	07984	131262
39,276733	07972	135975
39,398072	07960	140702
39,514118	07948	145444
39,636541	0,07936	3,150201
39,753662	07924	154971
39,877183	07912	159756
39,995390	07900	164556
40,120022	07888	169370
40,239330	0,07876	3,174199
40,365087	07864	179043
40,485509	07852	183901
40,612404	07840	188774
40,733954	07828	193663
40,862001	0,07816	3,198566
40,984692	07804	203484
41,113906	07792	208418
41,237753	07781	212954
41,346902	07770	217502
41,471758	0,07759	3,222064
41,581884	07748	226638
41,707761	07737	231226
41,818875	07726	235826
41,945787	07715	240440
42,057895	0,07704	3,245066
42,185856	07693	249706
42,298971	07682	254360
42,427992	07671	259026
42,542127	07660	263706
42,672216	0,07649	3,268400
42,787386	07638	273107
42,918556	07627	277828
43,034772	07616	282562
43,167037	07605	287310

A	B	C
43,284308	0,07594	3,292072
43,417682	07583	296847
43,536020	07572	301637
43,670517	07561	306440
43,789936	07550	311257
43,925565	0,07539	3,316089
44,046080	07528	320934
44,182853	07517	325794
44,304478	07507	330224
44,418751	07497	334666
44,541331	0,07487	3,339120
44,656545	07477	343586
44,780088	07467	348064
44,896252	07457	352554
45,020770	07447	357056
45,137894	0,07437	3,361570
45,263400	07427	366096
45,381492	07417	370634
45,507994	07407	375185
45,627067	07397	379748
45,754577	0,07387	3,384323
45,874641	07377	388910
46,003171	07367	393511
46,124235	07357	398123
46,253795	07347	402748
46,375872	0,07337	3,407386
46,506472	07327	412037
46,629576	07317	416700
46,761226	07307	421376
46,885365	07297	426064
47,018079	0,07287	3,430766
47,143264	07277	435481
47,277053	07267	440208
47,403300	07257	444949
47,538174	07247	449702
47,665491	0,07237	3,454469
47,801463	07227	459249
47,929863	07217	464042
48,066949	07207	468849
48,196441	07197	473669
48,334649	0,07187	3,478502
48,465248	07177	483348
48,604593	07167	488209
48,736311	07157	493083
48,876807	07147	497970

A	B	C
49,009655	0,07137	3,502871
49,151312	07127	507786
49,285304	07117	512715
49,428135	07107	517658
49,563288	07097	522614
49,707304	0,07087	3,527585
49,843628	07077	532569
49,988845	07067	537568
50,126353	07057	542581
50,272785	07047	547608
50,411493	0,07037	3,552649
50,559150	07027	557705
50,699071	07017	562775
50,847970	07007	567860
50,989116	06997	572959
51,139273	0,06987	3,578072
51,281658	06977	583201
51,433086	06967	588344
51,576723	06957	593502
51,729437	06947	598675
51,874343	0,06937	3,603862
52,028360	06927	609065
52,174547	06917	614283
52,329878	06907	619515
52,477363	06898	624238
52,603533	0,06889	3,628973
52,752120	06880	633720
52,879339	06871	638480
53,029037	06862	643252
53,157321	06853	648036
53,308143	0,06844	3,652834
53,437500	06835	657643
53,589455	06826	662466
53,719899	06817	667301
53,873004	06808	672149
54,004544	0,06799	3,677010
54,158805	06790	681884
54,291456	06781	686771
54,446891	06772	691671
54,580661	06763	696583
54,737278	0,06754	3,701509
54,872183	06745	706448
55,029997	06736	711400
55,166047	06727	716366
55,325068	06718	721345

A	B	C
55,462277	0,06709	3,726337
55,622522	06700	731342
55,760900	06691	736361
55,922381	06682	741394
56,061938	06673	746440
56,224672	0,06664	3,751500
56,365423	06655	756573
56,529420	06646	761660
56,671376	06637	766761
56,836654	06628	771876
56,979830	0,06620	3,776434
57,111897	06612	781003
57,256090	06604	785583
57,389144	06596	790175
57,534362	06588	794777
57,668419	0,06580	3,799391
57,814666	06572	804016
57,949734	06564	808652
58,097028	06556	813300
58,233112	06548	817959
58,381459	0,06540	3,822629
58,518577	06532	827311
58,667985	06524	832004
58,806144	06516	836709
58,956628	06508	841425
59,095835	0,06500	3,846153
59,247404	06492	850892
59,387675	06484	855644
59,540336	06476	860407
59,681679	06468	865181
59,835450	0,06460	3,869968
59,977871	06452	874766
60,132763	06444	879577
60,276274	06436	884399
60,432294	06428	889234
60,576913	0,06420	3,894080
60,734069	06412	898938
60,879803	06404	903809
61,038114	06396	908692
61,184971	06388	913587
61,344443	0,06380	3,918494
61,492442	06372	923414
61,653085	06364	928346
61,802233	06356	933290
61,964066	06348	938247

A	B	C
62,114371	0,06340	3,943217
62,277402	06332	948199
62,428883	06324	953193
62,593121	06316	958200
62,745787	06308	963220
62,911250	0,06300	3,968253
63,065110	06292	973298
63,231807	06284	978357
63,386880	06276	983428
63,554820	06268	988512
63,711115	0,06260	3,993609
63,880319	06252	998719
64,037845	06244	4,003843
64,208324	06236	008979
64,367094	06228	014129
64,538859	0,06220	4,019292
64,698893	06212	024468
64,871953	06204	029657
65,033260	06196	034860
65,207635	06188	040076
65,370226	0,06180	4,045306
65,545927	06172	050550
65,709821	06164	055807
65,886858	06156	061078
66,052065	06148	066362
66,230459	0,06140	4,071660
66,396990	06132	076972
66,576752	06124	082298
66,744629	06116	087638
66,925768	06108	092992
67,095000	0,06100	4,098360
67,277540	06092	103742
67,448137	06084	109138
67,632088	06076	114548
67,804074	06068	119973
67,989446	0,06060	4,125412
68,162832	06052	130865
68,349648	06044	136332
68,524445	06036	141815
68,712721	06028	147312
68,888943	0,06020	4,152823
69,078690	06012	158349
69,256361	06004	163890
69,447590	05996	169445
69,626721	05988	175016

A	B	C
69,819458	0,05980	4,180601
70,000061	05973	185500
70,147351	05966	190411
70,329148	05959	195334
70,477559	05952	200268
70,660562	0,05945	4,205213
70,810104	05938	210171
70,994320	05931	215140
71,145008	05924	220120
71,330452	05917	225113
71,482294	0,05910	4,230117
71,668978	05903	235134
71,821984	05896	240162
72,009919	05889	245202
72,164100	05882	250254
72,353298	0,05875	4,255318
72,508667	05868	260394
72,699141	05861	265483
72,855708	05854	270583
73,047468	05847	275696
73,205246	0,05840	4,280821
73,398301	05833	285958
73,557306	05826	291108
73,751671	05819	296270
73,911911	05812	301444
74,107600	0,05805	4,306631
74,269087	05798	311831
74,466112	05791	317043
74,628857	05784	322267
74,827232	05777	327505
74,991248	0,05770	4,332755
75,190986	05763	338017
75,356285	05756	343293
75,557398	05749	348581
75,723994	05742	353883
75,926490	0,05735	4,359197
76,094400	05728	364524
76,298298	05721	369864
76,467532	05714	375218
76,672844	05707	380584
76,843414	0,05700	4,385964
77,050156	05693	391357
77,222074	05686	396763
77,430259	05679	402182
77,603540	05673	406838

A	B	C
77,758361	0,05667	4,411504
77,932709	05661	416180
78,088552	05655	420865
78,263977	05649	425561
78,420851	05643	430266
78,597362	0,05637	4,434982
78,755275	05631	439708
78,932881	05625	444443
79,091843	05619	449189
79,270553	05613	453945
79,430573	0,05607	4,458711
79,610397	05601	463488
79,771484	05595	468274
79,952432	05589	473071
80,114594	05583	477878
80,296675	0,05577	4,482696
80,459923	05571	487524
80,643146	05565	492362
80,807489	05559	497211
80,991864	05553	502070
81,157318	0,05547	4,506940
81,342844	05541	511820
81,509423	05535	516711
81,696111	05529	521612
81,863824	05523	526524
82,051684	0,05517	4,531447
82,220542	05511	536381
82,409583	05505	541325
82,579597	05499	546280
82,769829	05493	551246
82,941009	0,05487	4,556223
83,132443	05481	561210
83,304798	05475	566209
83,497444	05469	571219
83,670986	05463	576239
83,864856	0,05457	4,581271
84,039593	05451	586313
84,234697	05445	591367
84,410642	05439	596432
84,606990	05433	601508
84,784154	0,05427	4,606596
84,981757	05421	611694
85,160150	05415	616804
85,359020	05409	621925
85,538653	05403	627058

A	B	C
85,738801	0,05397	4,632202
85,919685	05391	637358
86,121122	05385	642524
86,303268	05379	647703
86,506006	05373	652893
86,689426	0,05367	4,658095
86,893476	05361	663308
87,078181	05355	668533
87,283555	05349	673770
87,469557	05343	679018
87,676267	0,05337	4,684278
87,863577	05331	689551
88,071635	05325	694835
88,260266	05319	700130
88,469684	05313	705438
88,659647	0,05307	4,710758
88,870437	05301	716090
89,061746	05295	721434
89,273920	05289	726790
89,466586	05283	732159
89,680157	0,05277	4,737539
89,874192	05271	742932
90,089172	05265	748337
90,284591	05259	753754
90,500993	05253	759184
90,697806	0,05247	4,764626
90,915644	05241	770081
91,113865	05235	775548
91,333158	05229	781028
91,532787	05223	786520
91,753554	0,05217	4,792025
91,954604	05211	797543
92,176860	05205	803073
92,379344	05199	808616
92,603102	05193	814172

A	B	C
92,807034	0,05187	4,819741
93,032308	05181	825322
93,237701	05175	830917
93,464504	05169	836524
93,671372	05163	842145
93,899719	0,05157	4,847779
94,108076	05151	853426
94,337981	05145	859085
94,547841	05139	864759
94,779319	05133	870445
94,990696	0,05127	4,876145
95,223761	05121	881858
95,436669	05115	887584
95,671336	05109	893324
95,885791	05103	899078
96,122074	0,05097	4,904845
96,338091	05091	910626
96,576006	05085	916420
96,793598	05079	922228
97,033160	05073	928049
97,252343	0,05067	4,933885
97,493568	05061	939734
97,714358	05055	945597
97,957261	05049	951474
98,179672	05043	957366
98,424270	0,05037	4,963271
98,648319	05031	969190
98,894627	05025	975123
99,120328	05019	981071
99,368363	05013	987033
99,595734	0,05007	4,993009
99,845512	05001	998999
100,07457	04995	5,005004
100,32610	04989	011023
100,55686	04983	017057

Ginzburg, G. A. a Salmanova T. D.
Atlas pro volbu kartografických zobrazení.

Bláha Richard
Přehled polygrafie. 2. uprav. vyd.

Wick Karel
Pravidla matematické sazby.

Jarušek František
Základy reprodukční fotografie.

Piatkowski Felician
Překreslující fotografování. Změna písma fotografickým způsobem.

Technický naučný slovník. Díl IV. Pr-Š.

Ganulič A. K.
Malé analogové počítače.

Mrázek Vilém
Matematické stroje.

Dlouhá Pavla a j.
Angličtina pro jazykové školy. II.

Hendrich Josef a j.
Francouzština pro jazykové školy. I.

Zapletal Štěpán
Němčina pro samouky.

Prokopová L.
Španělština pro samouky.

Dubský Josef a j.
Španělština pro jazykové školy.

Feigl Josef – Klinger Evžen a kol.
Česko-anglický technický slovník.

Gottwald J. a j.
Česko-francouzský technický slovník.

Nečas Jaroslav a Kopecký Miloslav
Slovensko-český a česko-slovenský slovník rozdílných výrazů.

Kleczka Josp a Švestka Zdeněk
Astronomický a astronautický slovník.
Příruční slovník naučný. Díl 2. G-L.

Mrkos Antonín a j.
Naši v Antarktidě. Vyprávění a snímky čs. účastníků třetí, čtvrté a páté sovětské výpravy do Antarktidy.

Autoatlas ČSSR. 1 : 400 000.

Československá vlastivěda. Díl 2. Dějiny. Sv. 1.

Grušinskij N. P.
Teorijska figury Zemli. (Teorie tvaru Země.)

Lachtin L. M.
Svobodnoje dviženije v pole zemnogo sferoida. (Volný pohyb v poli zemského sferoidu.)

King-Chili (King-Hele) D.
Iskusstvennyje sputniki i naučnyje issledovanija. (Umělé družice a vědecké výzkumy.)

Trudy Centralnogo naučno-issledovatel'skogo instituta geodezii, aerosjemki i kartografii. Vyp. 163. Tablicy po geodetičeskoj astronomii. (Práce Ústředního vědecko-výzkumného ústavu geodesie, fotogrammetrie a kartografie. Sv. 163. Tabulky pro geodetickou astronomii)

Gurštejn A. A.
Čelovek izmerjaet Zemlju. (Člověk měří Zemi.)

Sovremennye dviženija zemnoj kory. Sbornik statěj. No. 1. (Soudobé pohyby zemské kůry. Sborník statí.)

Cebotarev A. S. a j.
Geodezija. Čast 2. (Geodesie. Díl 2.)

Bulanov A. I. a j.
Geodezija. Čast 1. (Geodesie. Díl 1.)

Nazarov N. A.
Geodezija. (Geodesie.)

Litvinov B. A.
Osnovnyje voprosy postrojenija i upravnivanija poligonometričeskich setěj. (Základní otázky budování a vyrovnávání polygonometrických sítí.)

Eglit V. I. a Sidělnikov S. P.
Redukcionnyj tacheometr Redta 002. Opisanije instrumenta po primeněniu, poverkam i justirovkam. (Redukční tachymetr Redta 002. Popis přístroje a praktický návod k jeho použití, zkoušení a justování.)

Makejev F. I.
Tacheometričeskie tablicy. (Tachymetrické tabulky.)

Gamezo M. V. a Govoruchin A. M.
Spravočnik oficera po vojennoj topografii. (Příručka vojenské topografie pro důstojníka.) Izd. 2.

Simonin S. I.
Inženerno-topografičeskoje čerčenijsje. (Inženýrsko-topografické kreslení.)

Bogomolov L. A.
Topografičeskoje dešifrovanijsje prirodnoho landšafta na aerosnimkach. (Topografické dešifrování přírodní krajiny na let. snímkách.)

Baranskij N. N. a Preobraženskij A. I.
Ekonomičeskaja kartografija. (Hospodářská kartografie.)

Ježegodnik Bolšej Sovetskoj enciklopedii 1963. (Ročenka Velké sovětské encyklopedie 1963.)

Hilbowicki R. a Lang A.
Geodezja. (Geodesie.)

Odlanicki-Poczobutt Michal a j.
Čwiczenia z geodezji i topografii. Czėść 1. (Cvičení z geodesie a topografie. Díl 1.)

Christov V. K.
Tablicy za geodezičeski izčislenija s mašina po elipsoida F. N. Krasovski za širočina ot 40° do 45°. (Tabulky ke geodetickým výpočtům strojem pro elipsoid Krasovského v šířkách od 40° do 45°.)