

vojenský topografický obzor



vydává MNO

1

1966

OBSAH

Inž. plukovník prof. dr. Josef Vykutíl: Výpočet a vyrovnání polygonových pořadů o dlouhých stranách v zeměpisných souřadnicích pro geodetické zabezpečení vojsk	1
<i>Recenzent inž. plukovník Vladimír Vahala</i>	
Inž. Rudolf Hovorka: Princip činnosti geodetických rádiových dálkoměrů	14
<i>Recenzent inž. podplukovník Václav Horník</i>	
Inž. podplukovník CSc. Vladimír Martinák: Použití rádiových dálkoměrů v zalesněném terénu	20
<i>Recenzent inž. major Stanislav Kvasnička</i>	
CSc. Inž. Zdeněk Nevošád: Některé aplikace přesné polygonometrie v geodetickém zabezpečení vojsk	25
<i>Recenzent inž. major Stanislav Kvasnička</i>	
Technik nadporučík Leiner Jan: Vztah nulových hladin evropských států k ČSSR	41
<i>Recenzent inž. podplukovník Vladko Jandík</i>	
Inž. podplukovník B. Červinka: Přístrojové vyhodnocování průzkumných a měřických snímků z velkých výšek letu	43
<i>Recenzent inž. podplukovník Radim Kudělásek, CSc</i>	
Inž. Zdeněk Jelinek: Tisk z hliníkových předcitlivěných desek - nový směr v ofsetovém tisku	65
<i>Recenzent inž. major Jaroslav Barochovský</i>	
Bořivoj Kouba: Rytí map ve Vojenském zeměpisném ústavu	74
<i>Recenzent inž. podplukovník Miloslav Kůlberger</i>	

VOJENSKÝ TOPOGRAFICKÝ OBZOR. Vydává MNO. Řídí redakční rada. Doc. inž. dr. Jan Klíma (předseda),
prof. inž. dr. Josef Vykutíl, inž. CSc Radim Kudělásek, inž. Zdeněk Cupal, inž. Jiří Kánský, inž. CSc Vla-
dimír Martinák, inž. Ladislav Kebísek, Ján Kováč.

Redaktor inž. Otakar Skoupý.

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

Výpočet a vyrovnání polygonových pořadů o dlouhých stranách v zeměpisných souřadnicích pro geodetické zabezpečení vojsk

Při geodetickém zabezpečení vojsk bude často výhodné (někdy nutné) pracovat se zeměpisnými souřadnicemi bodů. V práci [1] je řešen způsob výpočtu zeměpisných souřadnic bodů, určených délkou a azimutem z bodu, jehož zeměpisné souřadnice jsou dány.

Terén, atmosferické podmínky a vlastnosti přístrojů omezují dosah měření. V praxi nebude vždy možné (zejména při malé hustotě daných bodů) určit potřebný bod rajónem přímo. V takových případech určujeme polohu bodu zpravidla polygonovým pořadem.

Světelné a rádiové dálkoměry umožňují měřit délky i několik desítek kilometrů dlouhé za předpokladu, že to dovolí terén. V polygonových pořadech je však třeba měřit také vrcholové úhly; zde se uplatňuje další faktor: vzájemná dobrá viditelnost bodů. Praktické zkušenosti ukazují, že strany polygonových pořadů jen výjimečně překročí délku 10 km.

Budou-li na jednotkách vojenské topografické služby požadovány jen zeměpisné souřadnice bodů a azimuty stran, nebo budou-li dané body mít jen zeměpisné souřadnice, bude velmi výhodné (v druhém případě nutné) počítat polygonový pořad v zeměpisných souřadnicích a také jej případně v zeměpisných souřadnicích vyrovnat.

Výpočet a vyrovnání polygonových pořadů v zeměpisných souřadnicích používali v Sovětském svazu při budování základní sítě bodů pro mapování již před druhou světovou válkou. Délky měřili paralakticky metodou prof. Danilova. Vzorce byly upraveny tak, aby výsledky byly řádově stejně přesné jako při triangulaci. Metoda je popsána v článku [2].

Pro geodetické zabezpečení vojsk není třeba tak vysoká přesnost v určení polohy bodů, jakou požadovali v mírových pracích v SSSR; je proto možné řešení zjednodušit, což je cílem této práce.

Všechny výpočetní práce vykonali a nomogramy konstruovali posluchači npor. Martin P i s á r a npor. Vladislav K o š e k v rámci práce ve studentském vědeckém kroužku; srdečně jim děkuji.

L. Výpočet a vyrovnání polygonového pořadu v zeměpisných souřadnicích podle metody nejmenších čtverců

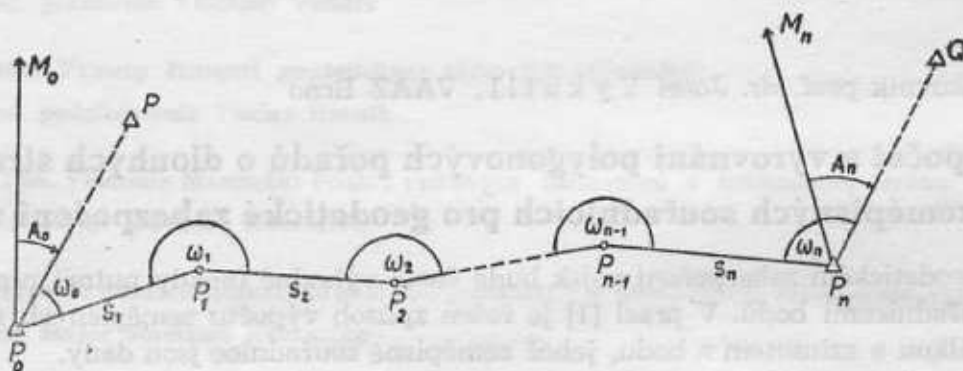
Měřením v terénu získáme hodnoty vrcholových úhlů a prostorové délky stran. Tyto délky je třeba převést na referenční plochu, tj. na elipsoid nebo na kouli o vhodném poloměru - viz [3].

Jsou-li délky měřeny rádiovými dálkoměry typu telluometr a úhly alespoň vteřinovými theodolity, je přesnost měřených délek a úhlů řádově stejná a při výpočtech není třeba zavádět váhy. Musíme však vhodně volit jednotky, ve kterých vyjádříme opravy.

Úloha tedy zní takto: Máme vypočítat a vyrovnat polygonový pořad, jsou-li dány zeměpisné souřadnice počátečního bodu P_0 a koncového bodu P_n tohoto pořadu a geodetické azimuty směrů A_0 a A_n podle obr. 1.

Délky stran pořadu, převedené na elipsoid, označíme s_1, s_2, \dots, s_n , naměřené vrcholové úhly $\omega_0, \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$.

Polygonové pořady se zpravidla vyrovnávají podle podmínek. Dané zeměpisné souřadnice a azimuty, které nedostanou žádné opravy z vyrovnání, označme na počátečním bodě pořadu $\bar{B}_0, \bar{L}_0, \bar{A}_0$, na koncovém bodě $\bar{B}_n, \bar{L}_n, \bar{A}_n$.



Obr. 1.

V oboustranně připojeném a orientovaném polygonovém pořadu jsou, jak známo, tři nadbytečně měřené prvky a tedy také tři podmínkové rovnice:

$$\left. \begin{aligned} \bar{B}_0 + \sum \overline{\Delta B} - \bar{B}_n &= 0 \\ \bar{L}_0 + \sum \overline{\Delta L} - \bar{L}_n &= 0 \\ \bar{A}_0 + \sum \bar{\omega} + \sum \overline{\Delta A} \pm (n-1) 180^\circ - \bar{A}_n &= 0 \end{aligned} \right\} (1)$$

V těchto rovnicích symboly $\overline{\Delta B}$, $\overline{\Delta L}$, $\bar{\omega}$ a $\overline{\Delta A}$ znamenají (po řadě) vyrovnané hodnoty rozdílů zeměpisných šířek, délek, vyrovnané vrcholové úhly a vyrovnané rozdíly azimutů a protiazimutů stran.

Z „měřených“ délek a vrcholových úhlů můžeme postupně počítat (řešením první hlavní geodetické úlohy) „naměřené“ hodnoty zeměpisných souřadnic B , L a azimutů A a z nich rozdíly ΔB , ΔL , ΔA . Postačí-li výpočetní přesnost $0'',01$ v souřadnicích a $0'',1$ v azimutech, počítáme hodnoty podle vzorců odvozených v článku [1]:

$$\left. \begin{aligned} \Delta B_{i,i+1} &= B_{i+1} - B_i = b_1 u + b_2 v^2; \\ \Delta L_{i,i+1} &= L_{i+1} - L_i = l_1 v + l_2 uv; \\ \Delta A_{i,i+1} &= A_{i+1} - A_i \pm 180^\circ = a_1 v + a_2 uv, \end{aligned} \right\} (2)$$

kde koeficienty $b_1, b_2; l_1, l_2; a_1, a_2$ se najdou v tabulkách, připojených k článku, postupně k zeměpisným šířkám $B_i (i = 0, 1, 2, \dots, n-1)$ a hodnoty u, v jsou dány vzorcí:

$$\left. \begin{aligned} u &= s_{i+1} \cos A_{i,i+1} \cdot 10^{-5}; \\ v &= s_{i+1} \sin A_{i,i+1} \cdot 10^{-5}. \end{aligned} \right\} (3)$$

Budeme-li požadovat přesnost výpočtů o jeden řád vyšší, tj. $0'',001$ v souřadnicích a $0'',01$ v azimutech, musíme v rovnicích pro ΔB a ΔL uvažovat ještě jeden další člen. Provedené rozborů ukázaly, že všechny ostatní členy, nutné při přesných výpočtech v triangulaci, lze zanedbat, neboť při $s \leq 10$ km a B v intervalu od 40° do 55° nepřekročí hodnotu $0'',0005$. Rovnice

pak budou mít tvar (koeficienty označíme tak, jak je obvyklé v tabulkách pro řešení I. hlavní geodetické úlohy Boltzovou metodou):

$$\left. \begin{aligned} \Delta B_{i,i+1} &= b_{10}u + b_{20}u^2 + b_{02}v^2 ; \\ \Delta L_{i,i+1} &= l_{01}v + l_{11}uv + l_{21}u^2v ; \\ \Delta A_{i,i+1} &= a_{01}v + a_{11}uv . \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Dosadíme-li hodnoty ΔB , ΔL , ΔA a naměřených vrcholových úhlů ω do podmínkových rovnic (1), nebudou tyto rovnice přesně splněny, ale dostaneme odchylky U_B , U_L , U_A :

$$\left. \begin{aligned} U_B &= \bar{B}_0 + \sum \Delta B - \bar{B}_n ; \\ U_L &= \bar{L}_0 + \sum \Delta L - \bar{L}_n ; \\ U_A &= \bar{A}_0 + \sum \omega + \sum \Delta A \pm (n-1) 180^\circ - \bar{A}_n . \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Podle metody nejmenších čtverců vyrovnáváme měřené veličiny, v našem případě strany a úhly. Označíme-li opravy délek stran ds_1, ds_2, \dots, ds_n a opravy vrcholových úhlů $d\omega_0, d\omega_1, \dots, d\omega_n$, budou změny zeměpisné šířky, délky a azimutu v bodě P_{i+1} dány vzorci - viz [4]:

$$\left. \begin{aligned} dB_{i+1} &= dB_i + a_1 dB_i + a_2 ds_{i+1} + a_3 dA_{i,i+1} ; \\ dL_{i+1} &= dL_i + b_1 dB_i + b_2 ds_{i+1} + b_3 dA_{i,i+1} ; \\ dA_{i+1,i} &= dA_{i,i+1} + c_1 dB_i + c_2 ds_{i+1} + c_3 dA_{i,i+1} ; \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

kde $a_1, a_2, a_3; b_1, b_2, b_3; c_1, c_2, c_3$ jsou příslušné parciální derivace. Změny úhlů se projeví jako změny azimutů: $dA_{01} = d\omega_0, dA_{12} = dA_{01} + d\omega_1, \dots, dA_{n-1,n} = dA_{n-1,n-2} + d\omega_{n-1}$

Omezíme-li přesnost na 10^{-4} , stačí parciálně derivovat pouze první (hlavní) členy rovnic (2) nebo (4). Po úpravách a přípustném zjednodušení bude (pro jednoduchost budeme psát indexy jen u koeficientů, proměnné veličiny napíšeme obecně, bez indexů):

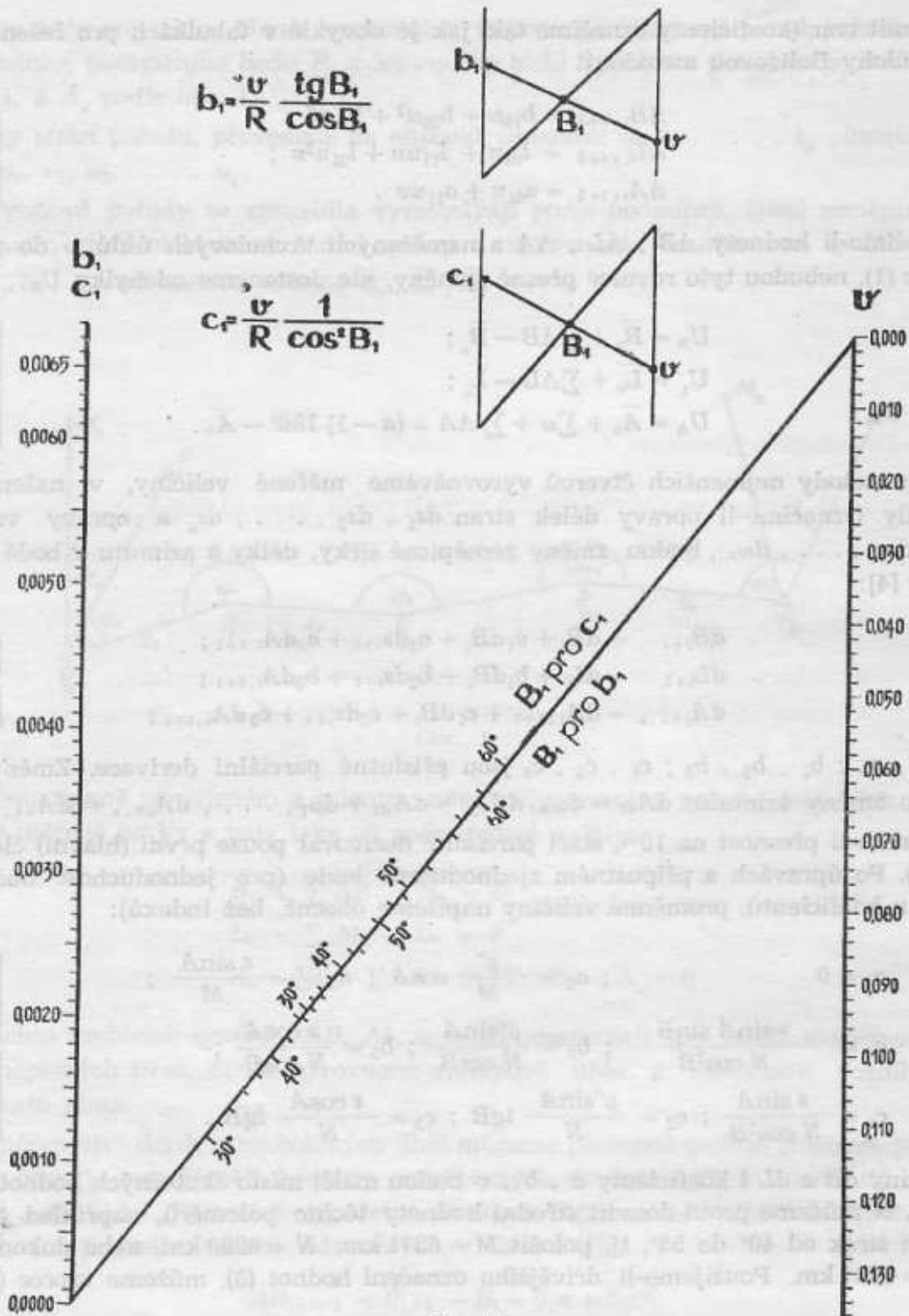
$$\left. \begin{aligned} a_1 &= 0 ; a_2 = \frac{\rho''}{M} \cos A ; a_3 = -\frac{s \sin A}{M} ; \\ b_1 &= \frac{s \sin A \sin B}{N \cos^2 B} ; b_2 = \frac{\rho'' \sin A}{N \cos B} ; b_3 = \frac{s \cos A}{N \cos B} ; \\ c_1 &= \frac{s \sin A}{N \cos^2 B} ; c_2 = \frac{\rho'' \sin A}{N} \operatorname{tg} B ; c_3 = \frac{s \cos A}{N} \operatorname{tg} B . \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Veličiny dB a dL i koeficienty a, b, c budou malé; místo skutečných hodnot poloměrů křivosti M, N můžeme proto dosadit střední hodnoty těchto poloměrů, například pro rozsah zeměpisných šířek od 40° do 55° , tj. položit $M = 6371$ km, $N = 6390$ km, nebo dokonce položit $M \approx N = R = 6381$ km. Použijeme-li dřívějšího označení hodnot (3), můžeme vzorce (7) psát:

$$\left. \begin{aligned} a_2 &= \frac{\rho''}{R} \cos A ; a_3 = -\frac{v}{R} ; \\ b_1 &= \frac{v}{R} \frac{\operatorname{tg} B}{\cos B} ; b_2 = \frac{\rho'' \sin A}{R \cos B} ; b_3 = \frac{u}{R \cos B} ; \\ c_1 &= \frac{v}{R} \frac{1}{\cos^2 B} ; c_2 = \frac{\rho'' \sin A}{R} \operatorname{tg} B ; c_3 = \frac{u}{R} \operatorname{tg} B . \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

V rozsahu zeměpisných šířek $40^\circ - 55^\circ$ a při stranách $s \leq 10$ km nepřesáhnou uvedené koeficienty tyto maximální hodnoty:

$$\begin{aligned} a_2 &\leq 0,03 ; & a_3 &\leq 0,002 ; \\ b_1 &\leq 0,004 ; & b_2 &\leq 0,06 ; & b_3 &\leq 0,004 ; \\ c_1 &\leq 0,004 ; & c_2 &\leq 0,04 ; & c_3 &\leq 0,003 . \end{aligned}$$

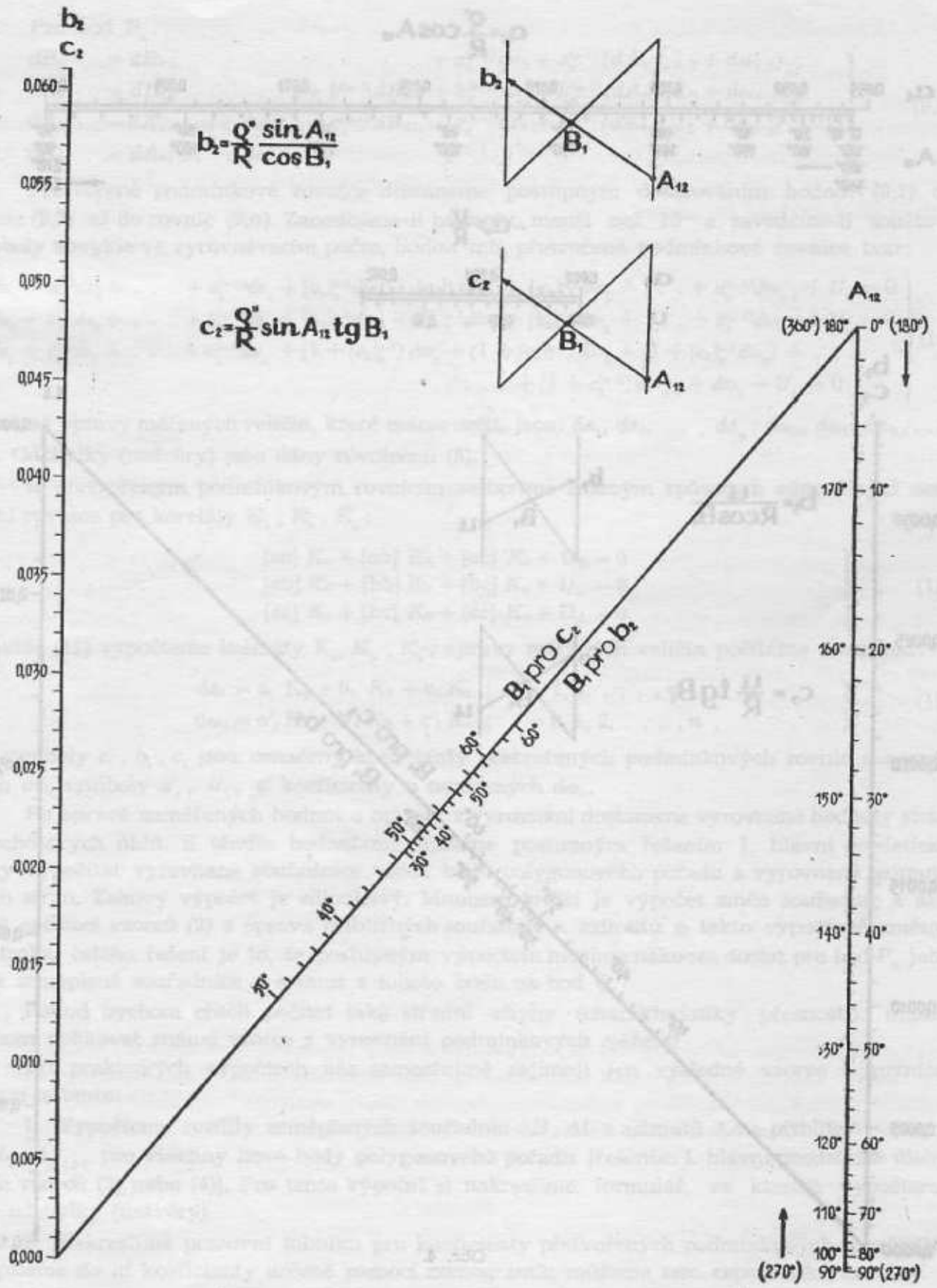


Obr. 2.

Protože koeficienty mají malý počet cifer, bude výhodné je počítat graficky. Dvojstupnice pro výpočet koeficientů a_2 , a_3 a spojnicové nomogramy pro výpočet ostatních koeficientů jsou na obrázcích 2, 3, 4.

Vzorce (8) jsou bez indexů u veličin B , A , u , v ; vzorce v nomogramech mají některé indexy: index 1 u zeměpisné šířky B znamená, že jde o počáteční bod uvažované strany pořadu, symbol A_{12} značí, že jde o azimut této strany. Pro stranu mezi body P_i , P_{i+1} tedy položíme $i = 1$; $i + 1 = 2$ a najdeme potřebné hodnoty koeficientů v nomogramech. Písmeny u , v jsou označeny hodnoty podle vzorců (3).

Pro odvození přetvořených podmínkových rovnic aplikujeme rovnice (6) na celý polygonový pořad. Označíme-li koeficienty pro jednotlivé strany (vrcholy) příslušnými indexy, psanými nahoře v závorce, dostaneme:

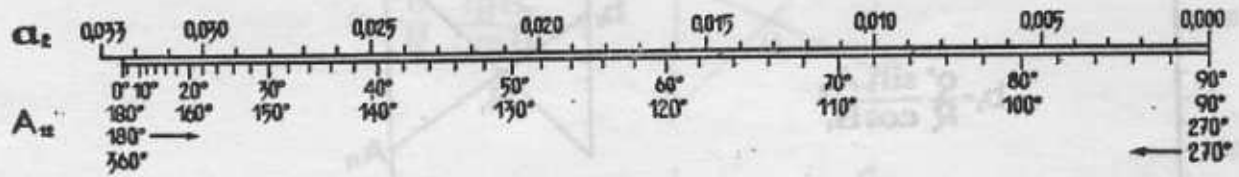


Obr. 3.

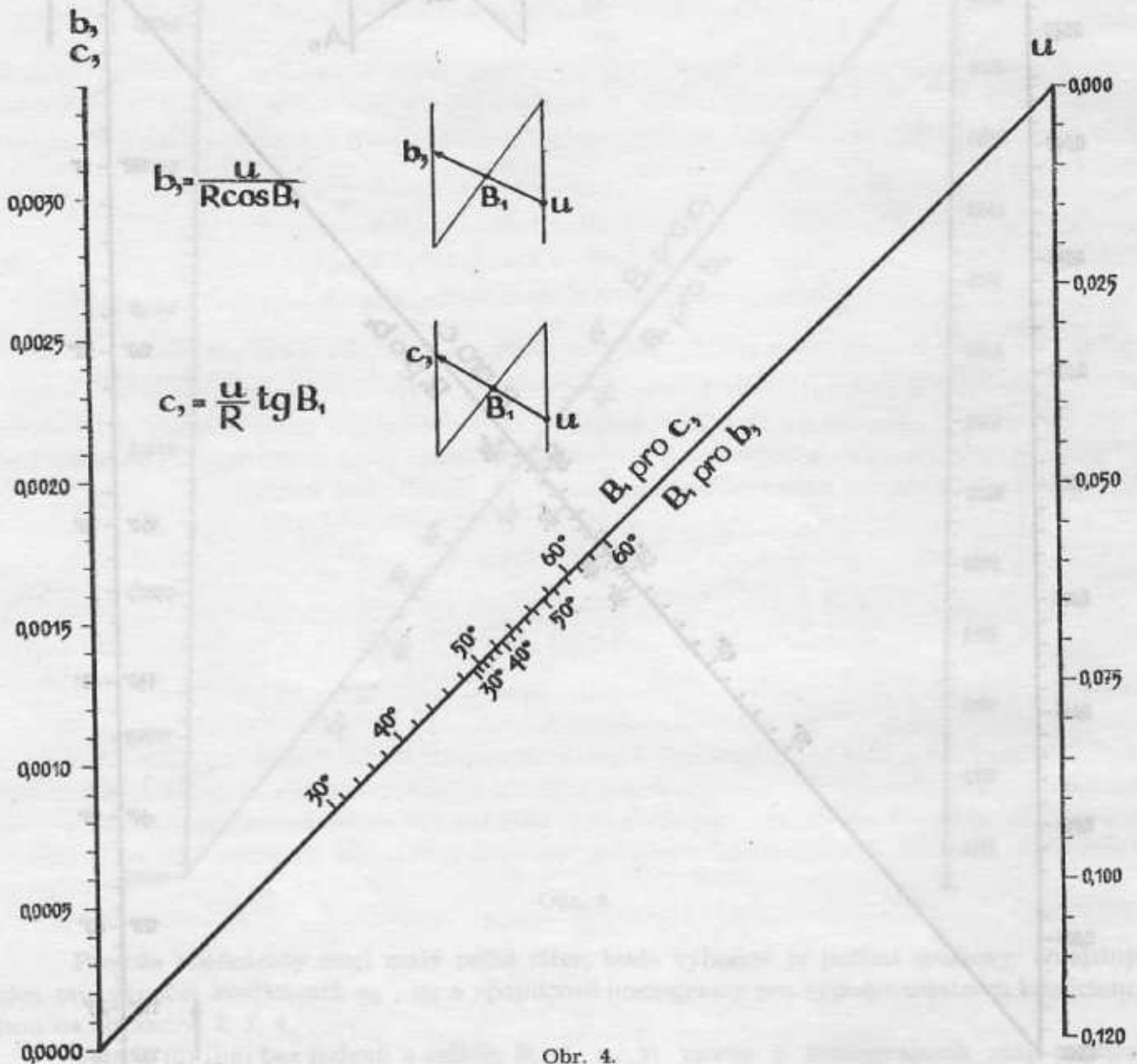
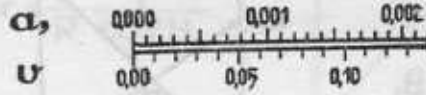
Pro bod P_1 :

$$\left. \begin{aligned}
 dB_1 &= +a_2^{(0)} ds_1 + a_3^{(0)} d\omega_0 ; \\
 dL_1 &= +b_2^{(0)} ds_1 + b_3^{(0)} d\omega_0 ; \\
 dA_{10} &= d\omega_0 + c_2^{(0)} ds_1 + c_3^{(0)} d\omega_0 .
 \end{aligned} \right\} (9,1)$$

$$a_r = \frac{Q'}{R} \cos A_{12}$$



$$-a_s = \frac{U}{R}$$



Obr. 4.

Pro bod P_2 :

$$\left. \begin{aligned} dB_2 &= dB_1 + a_2^{(1)} ds_2 + a_3^{(1)} (dA_{10} + d\omega_1) ; \\ dL_2 &= dL_1 + b_1^{(1)} dB_1 + b_2^{(1)} ds_2 + b_3^{(1)} (dA_{10} + d\omega_1) ; \\ dA_{21} &= (dA_{10} + d\omega_1) + c_1^{(1)} dB_1 + c_2^{(1)} ds_2 + c_3^{(1)} (dA_{10} + d\omega_1) . \end{aligned} \right\} (9,2)$$

Pro bod P_n :

$$\left. \begin{aligned} dB_n &= dB_{n-1} + a_2^{(n-1)} ds_n + a_3^{(n-1)} (dA_{n-1, n-2} + d\omega_{n-1}) ; \\ dL_n &= dL_{n-1} + b_1^{(n-1)} dB_{n-1} + b_2^{(n-1)} ds_n + b_3^{(n-1)} (dA_{n-1, n-2} + d\omega_{n-1}) ; \\ dA_{n, n-1} &= dA_{n-1, n-2} + d\omega_{n-1} + c_1^{(n-1)} dB_{n-1} + c_2^{(n-1)} ds_n + c_3^{(n-1)} (dA_{n-1, n-2} + d\omega_{n-1}) ; \\ dA_n &= dA_{n, n-1} + d\omega_n . \end{aligned} \right\} (9,n)$$

Přetvořené podmínkové rovnice dostaneme postupným dosazováním hodnot (9,1) do rovnic (9,2) až do rovnic (9,n). Zanedbáme-li hodnoty menší než 10^4 a zavedeme-li součtové symboly obvykle ve vyrovnávacím počtu, budou mít přetvořené podmínkové rovnice tvar:

$$\left. \begin{aligned} a_2^{(0)} ds_1 + a_2^{(1)} ds_2 + \dots + a_2^{(n-1)} ds_n + [a_3]_0^{n-1} d\omega_0 + [a_3]_1^{n-1} d\omega_1 + [a_3]_2^{n-1} d\omega_2 + \dots + a_3^{(n-1)} d\omega_{n-1} + U_B = 0 \\ b_2^{(0)} ds_1 + b_2^{(1)} ds_2 + \dots + b_2^{(n-1)} ds_n + [b_3]_0^{n-1} d\omega_0 + [b_3]_1^{n-1} d\omega_1 + [b_3]_2^{n-1} d\omega_2 + \dots + b_3^{(n-1)} d\omega_{n-1} + U_L = 0 \\ c_2^{(0)} ds_1 + c_2^{(1)} ds_2 + \dots + c_2^{(n-1)} ds_n + (1 + [c_3]_0^{n-1}) d\omega_0 + (1 + [c_3]_1^{n-1}) d\omega_1 + (1 + [c_3]_2^{n-1}) d\omega_2 + \dots \\ \dots + (1 + c_3^{(n-1)}) d\omega_{n-1} + d\omega_n + U_A = 0 \end{aligned} \right\} (10)$$

Neznámé opravy měřených veličin, které máme určit, jsou: $ds_1, ds_2, \dots, ds_n; d\omega_0, d\omega_1, d\omega_2, \dots, d\omega_n$. Odchytky (uzávěry) jsou dány rovnicemi (5).

K přetvořeným podmínkovým rovnicím sestavíme známým způsobem odpovídající normální rovnice pro koleráty K_a, K_b, K_c :

$$\left. \begin{aligned} [aa] K_a + [ab] K_b + [ac] K_c + U_B = 0 \\ [ab] K_a + [bb] K_b + [bc] K_c + U_L = 0 \\ [ac] K_a + [bc] K_b + [cc] K_c + U_A = 0 \end{aligned} \right\} (11)$$

Z rovnic (11) vypočteme koleráty K_a, K_b, K_c ; opravy měřených veličin počítáme ze vzorců:

$$\left. \begin{aligned} ds_i = a_i K_a + b_i K_b + c_i K_c ; \quad i = 1, 2, \dots, n ; \\ d\omega_i = a'_i K_a + b'_i K_b + c'_i K_c ; \quad i = 0, 1, 2, \dots, n , \end{aligned} \right\} (12)$$

kde symboly a_i, b_i, c_i jsou označeny koeficienty přetvořených podmínkových rovnic u neznámých ds_i , symboly a'_i, b'_i, c'_i koeficienty u neznámých $d\omega_i$.

Po opravě naměřených hodnot o opravy z vyrovnání dostaneme vyrovnané hodnoty stran a vrcholových úhlů. S těmito hodnotami můžeme postupným řešením I. hlavní geodetické úlohy vypočítat vyrovnané souřadnice všech bodů polygonového pořadu a vyrovnané azimuty všech stran. Takový výpočet je zdoluhavý. Mnohem kratší je výpočet změn souřadnic a azimutů aplikací vzorců (9) a oprava přibližných souřadnic a azimutů o takto vypočtené změny. Kontrolou celého řešení je to, že postupným výpočtem musíme nakonec dostat pro bod P_n jeho dané zeměpisné souřadnice a azimut z tohoto bodu na bod Q .

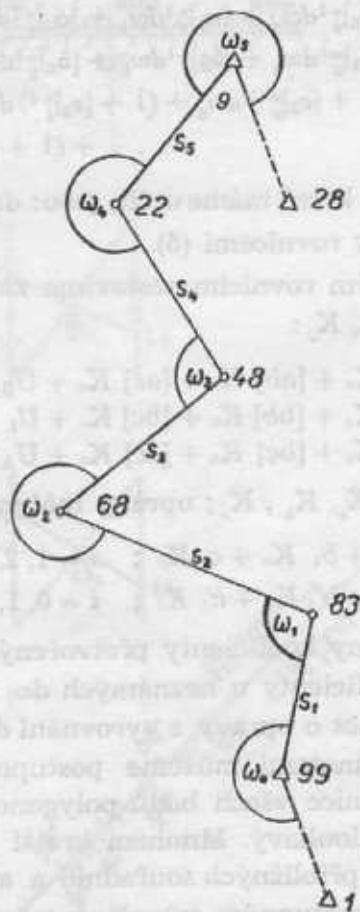
Pokud bychom chtěli počítat také střední chyby (charakteristiky přesnosti), museli bychom aplikovat známé vzorce z vyrovnání podmínkových měření.

Při praktických výpočtech nás samozřejmě zajímají jen výsledné vzorce a rovnice. Postup je tento:

1. Vypočteme rozdíly zeměpisných souřadnic $\Delta B, \Delta L$ a azimutů ΔA a přibližné hodnoty $B_i, L_i, A_{i, i+1}$ pro všechny nové body polygonového pořadu [řešením I. hlavní geodetické úlohy podle vzorců (2) nebo (4)]. Pro tento výpočet si nakreslíme formulář, ve kterém vypočteme také odchytky (uzávěry).
2. Nakreslíme pracovní tabulku pro koeficienty přetvořených podmínkových rovnic (10) a zapíšeme do ní koeficienty určené pomocí nomogramů; můžeme sem zapsat také závěry.
3. Normální rovnice pro koleráty tvaru (11) sestavíme a řešíme v Doolittleově schématu.
4. Vypočteme opravy měřených stran a vrcholových úhlů podle rovnic (12).
5. Vypočteme změny přibližných souřadnic a azimutů použitím rovnic (9).
6. Algebraickým připočtením vypočtených změn k příslušným přibližným hodnotám dostaneme vyrovnané zeměpisné souřadnice všech bodů polygonového pořadu a azimuty i protiazimuty všech stran.

Numerický příklad:

Technické podmínky nedovolily zaměřit zkušební polygonový pořad. Pro numerický příklad byly proto hodnoty „dané“ a „měřené“ získány takto: Za vrcholové body pořadu byly zvoleny trigonometrické body státní sítě (obr. 5). Rovinné pravouhlé souřadnice x , y počátečního a koncového bodu pořadu (body 9 a 99) byly převedeny na zeměpisné souřadnice B , L ; navažovací směrničky (na body 28 a 1) byly převedeny na geodetické azimuty. Tyto hodnoty byly považovány za dané (neměnné).



Obr. 5.

Délky stran mezi body 99, 83, 68, 48, 22, 9 byly převedeny na elipsoid a náhodně pozměněny o takové hodnoty, jaké odpovídají chybám při měření tellurometrem. Obdobně byly upraveny rozdíly směrniček na jednotlivých bodech na „naměřené“ vrcholové úhly. Tak se získaly dané hodnoty na počátečním a koncovém bodu pořadu v tabulce 1 a „měřené“ hodnoty délek stran a vrcholových úhlů v tabulce 2.

Tabulka 1

Bod	B	L	A
99	49°02' 31",767	16°38' 26",887	$A_{99-1} = 168°37' 25",569$
9	49°18' 48",962	16°34' 42",730	$A_{9-28} = 155°28' 27",019$

Výpočet přibližných hodnot zeměpisných souřadnic a azimutů je uveden ve formuláři čís. 1; do téhož formuláře byly po vyrovnání zapsány změny souřadnic a azimutů a v něm vy-

počteny vyrovnané hodnoty veličin B, L, A (jsou nadepsány nad hodnoty přibližné, které byly škrtnuty).

Tabulka 2

Strana	Délka	Vrcholový úhel	
		na bodě	
99-83	6 927,02 m	99	195°42' 38",0
83-68	8 313,02 m	83	111°00' 34",3
68-48	7 720,46 m	68	277°03' 46",9
48-22	8 348,37 m	48	122°18' 32",3
22- 9	5 964,81 m	22	223°44' 26",7
		9	317°03' 47",0

Celková délka pořadu 37 km.

Aby bylo možno počítat bez vah, byly - vzhledem k délce stran - počítány *opravy stran v decimetrech, opravy úhlů ve vteřinách.*

Ve formuláři číslo 2 jsou sestaveny koeficienty přetvořených podmínkových rovnic (pro opravy úhlů ve vteřinách, opravy délek v decimetrech); jsou tam také napsány normální rovnice pro koleráty (bez kontrolních členů) a vypočtené hodnoty korelát. *Podmínkové rovnice je možno násobit libovolnou konstantou, aniž se tím změnil výsledek vyrovnání* - [5], str. 195. V našem příkladě bychom po vhodném vynásobení neměli tolik nul na začátku čísel udávajících koeficienty přetvořených podmínkových rovnic, resp. normálních rovnic. Protože však jde o instruktivní příklad a násobení daných rovnic konstantou i řešení normálních rovnic je věc obecně známá, ponechali jsme rovnice v původním tvaru.

Vypočtené opravy mají hodnoty:

$$\begin{array}{ll}
 ds_1 = + 0,08 \text{ dm} & d\omega_0 = + 3,620 \\
 ds_2 = - 3,52 \text{ dm} & d\omega_1 = + 2,386 \\
 ds_3 = + 1,85 \text{ dm} & d\omega_2 = + 1,849 \\
 ds_4 = - 1,83 \text{ dm} & d\omega_3 = + 0,583 \\
 ds_5 = + 1,00 \text{ dm} & d\omega_4 = - 0,836 \\
 & d\omega_5 = - 1,939
 \end{array}$$

Kontrola: $[pvv] = + 47,15$
 $- [UK] = + 47,16.$

Pro informativní posouzení přesnosti vyrovnaných souřadnic bodů polygonového pořadu bylo využito skutečnosti, že byly známy rovinné pravoúhlé souřadnice x, y těchto bodů v systému 42. Souřadnice x, y byly transformovány na zeměpisné geodetické B, L . V tabulce 3 jsou zapsány souřadnice transformované, z vyrovnání a rozdíly obojích hodnot.

Tabulka 3

Bod. čís.	Zeměpisná šířka B			Zeměpisná délka L		
	transformace	vyrovnání	rozdíl	transformace	vyrovnání	rozdíl
83	49° 06' 15",357	49° 06' 15",355	+ 0",002	16° 38' 52",706	16° 38' 52",703	+ 0",003
68	49° 08' 10",401	49° 08' 10",400	+ 0",001	16° 32' 42",091	16° 32' 42",103	+ 0",012
48	49° 11' 41",503	49° 11' 41",509	- 0",006	16° 36' 06",064	16° 36' 06",076	- 0",012
22	49° 15' 45",764	49° 15' 45",756	+ 0",008	16° 33' 09",548	16° 33' 09",550	- 0",002

Poznámka: K údajům této tabulky se ještě vrátíme.

Výpočet polygonového pořadu v zeměpisných souřadnicích

Formulář č. 1

Vrchol	ω	$A_{i,i+1}$	S_i	$\sin A$ $\cos A$ uv u^2v	v u u^2 v^2	b_{10} b_{20} b_{02}	ΔB B_i	l_{01} l_{11} l_{21}	ΔL L_i	a_{01} a_{11}	ΔA $A_{i+1,i}$
1		<u>168° 37' 25",57</u>					<u>49° 02' 31",767</u>		<u>16° 38' 26",887</u>		
99	+3",62 195° 42' 38",0	07,19 4° 20' 03",57	6 927,02	+0,0755761 +0,9971400 +0,00036 +0,00002	+0,0052352 +0,0690721 +0,00477 +0,00003	+3237,047 - 0,25 - 29,18	0,000 +3 43,588	+4923,956 + 88,77 + 2,00	-0,006 + 25,810 52,703 52,697	+3718,51 + 19,50 26,70 29°,07	+0,01 + 19,50 26,70 29°,07
83	+2,39 111 00 34,3	03,39 295 21 57,37	8 313,02	-0,9037147 +0,4281351 -0,00267 -0,00010	-0,0751260 +0,0355910 +0,00126 +0,00564	+3237,013 - 0,25 - 29,24	+0,002 +1 55,043 10,400	+4930,137 + 89,08 + 2,00	+0,020 -6 10,620 42,103 42,077	+3726,70 + 40,22 23,19 17,15	+0,02 -4 40,22 23,19 17,15
68	+1,85 277 03 46,9	11,94 32 20 04,05	7 720,46	+0,5348606 +0,8449403 +0,00269 +0,00018	+0,0412937 +0,0652333 +0,00426 +0,00171	+3236,995 - 0,25 - 29,27	0,000 +3 31,109 41,509	+4933,304 + 89,23 + 2,00	+0,018 +3 23,955 06,076 -06,032	+3730,99 + 34,32 46,27 38,37	+0,01 +2 34,32 46,27 38,37
48	+0,58 122 18 32,3	19,15 334 41 10,67	8 348,37	-0,4273741 +0,9039803 -0,00269 -0,00020	-0,0356955 +0,0754676 +0,00570 +0,00127	+3236,961 - 0,25 - 29,34	0,000 +4 04,247 45,756	+4939,144 + 89,52 + 2,00	+0,020 -2 56,546 09,550 -08,486	+3738,62 -2 13,70 39 05,46 -56,07	+0,01 -2 13,70 39 05,46 -56,07
22	-0,84 223 44 26,7	31,32 18 23 23,67	5 964,81	+0,3154819 +0,9489316 +0,00107 +0,00006	+0,0188179 +0,0566020 +0,00320 +0,00035	+3236,923 - 0,25 - 29,41	+0,001 +3 03,205 48",962	+4945,911 + 89,86 + 2,00	+0,012 +1 33,168 42",730 -42,654	+3747,56 +1 10,62 41,95 24 -34,29	+0,01 +1 10,62 41,95 24 -34,29
9	-1",94 317° 03' 47",0	27",02 155° 28' -21",29 155° 28' 27",02					<u>49° 18' 48",962</u>		<u>16° 34' 42",730</u>		
28											

 $U_A = -5',73$ $U_B = -0',003$ $U_L = -0',076$

Koefficienty přetvořených podmínkových rovnic

Formulář č. 2

Koeff.	ds ₁	ds ₂	ds ₃	ds ₄	ds ₅	d ₀₁₀	d ₀₁	d ₀₂	d ₀₃	d ₀₄	d ₀₅	U	Koreláta
a	+0,003 23	+0,001 39	+0,002 73	+0,002 93	+0,003 07	+0,000 8	+0,000 9	+0,000 3	+0,000 3	+0,000 3	-0,000 3	-0,000 3	K _a = -63,462
b	+0,000 37	-0,004 47	+0,002 64	-0,002 15	+0,001 56	+0,001 6	+0,005 7	+0,004 9	+0,003 3	+0,001 9	+0,001 4	+0,001 4	K _b = +768,527
c	+0,000 28	-0,003 39	+0,002 00	-0,001 61	+0,001 20	+1,000 0	+1,004 3	+1,000 0	+1,000 0	+1,000 0	+1,000 0	+1,000 0	K _c = -1,929
s	+0,003 88	-0,006 47	+0,007 37	-0,000 83	+0,005 83	+1,013 6	+1,010 9	+1,008 3	+1,006 1	+1,002 2	+1,002 2	+1,000 0	

Normální rovnice pro koreláty

- + 0,000 0395 K_a + 0,000 0107 K_b + 0,001 4082 K_c - 0,003 = 0
- + 0,000 0107 K_a + 0,000 1568 K_b + 0,022 7185 K_c - 0,076 = 0
- + 0,001 4082 K_a + 0,022 7185 K_b + 6,034 2895 K_c - 5,730 = 0

II. Přibližné vyrovnání polygonového pořadu v zeměpisných souřadnicích

V I. části této práce je uveden výpočet a vyrovnání polygonového pořadu v zeměpisných souřadnicích podle metody nejmenších čtverců. I když předpoklady o přesnosti měřených hodnot a požadovaná přesnost výsledků dovolily značné zjednodušení vzorců a sestrojené nomogramy podstatně usnadňují výpočet koeficientů přetvořených podmínkových rovnic, zůstává celé řešení složité a zdlouhavé; je zde také velká možnost počtářských chyb. Vyrovnávat polygonové pořady v zeměpisných souřadnicích podle metody nejmenších čtverců bude tedy možné jen tehdy, bude-li dostatek času a budeme-li požadovat vyšší přesnost výsledků. V každém jednotlivém případě bude třeba uvážit užitečnost a hospodárnost řešení.

Ve zvoleném příkladě nebyly veličiny přímo měřeny; přesto lze považovat přijaté hodnoty délek stran a vrcholových úhlů za rovnocenné měřeným. Uzávěry v zeměpisné šířce a délce byly malé; větší byl - což je samozřejmé - uzávěr v azimutech. Údaje ve formuláři č. 1 ukazují, že opravy z vyrovnání jsou u zeměpisných souřadnic vcelku malé (maximálně $0'',02$), u měřených vrcholových úhlů dosahuje oprava téměř $4''$ a při postupném sčítání je to u jednoho z azimutů skoro $9''$.

Z uvedených údajů a ze známé skutečnosti, že vyrovnáním nelze dokonale opravit chybná nebo nepřesná měření, lze vyvodit, že bude vhodné co nejpřesněji měřit strany a vrcholové úhly, aby odchylky byly malé; v takovém případě pravděpodobně vystačíme s jednoduchým přibližným vyrovnáním polygonového pořadu.

Při přibližném vyrovnání polygonového pořadu v zeměpisných souřadnicích budeme postupovat obdobně jako při vyrovnání v souřadnicích rovinných: Postupným řešením I. hlavní geodetické úlohy vypočteme přibližné souřadnice B, L všech vrcholů polygonového pořadu a přibližné azimuty a protiazimuty všech stran (stejně jako při přesném vyrovnání podle metody nejmenších čtverců). Takto vypočtené souřadnice B_n, L_n koncového bodu pořadu a navazovací azimut A_n se budou lišit o malé hodnoty od daných hodnot uvedených veličin. Místo vyrovnání odchylek (uzávěrů) podle metody nejmenších čtverců rozdělíme souřadnicové odchylky například úměrně délkám stran, odchylku azimutální rozdělíme rovnoměrně na všechny měřené úhly. Je zřejmé, že odchylky lze rozdělit také jiným přibližným způsobem, například úměrně velikosti souřadnicových rozdílů $\Delta B, \Delta L$; u azimutů postačí nižší přesnost a je oprávněno rovnoměrné rozdělení uzávěru. Pro výpočet pořadu je vhodný formulář č. 1.

V našem numerickém příkladě je azimutální odchylka $-5'',73$. Vrcholových úhlů je 6; opravíme tedy každý z nich o $+0'',95$. Odchylka v zeměpisné šířce je $-0'',003$, odchylka v zeměpisné délce je $-0'',076$; rozdělíme-li je úměrně délkám stran, dostaneme opravy, které jsou zapsány v tabulce 4 (spolu s opravami z vyrovnání podle metody nejmenších čtverců - MNČ, a příslušnými rozdíly obojích hodnot).

Tabulka 4

Bod	Opravy vrcholových úhlů			Opravy rozdílů zeměpisných šířek			Opravy rozdílů zeměpisných délek		
	přibliž.	MNČ	rozdíl	přibliž.	MNČ	rozdíl	přibliž.	MNČ	rozdíl
99	+0'',95	+3'',62	-2'',27	-	-	-	-	-	-
83	+0'',95	+2'',39	-1'',44	0'',000	0'',000	0'',000	+0'',014	+0'',006	+0'',008
68	+0'',95	+1'',85	-0'',90	+0'',001	+0'',002	-0'',001	+0'',017	+0'',020	-0'',003
48	+0'',95	+0'',58	+0'',37	+0'',001	0'',000	+0'',001	+0'',016	+0'',018	-0'',002
22	+0'',95	-0'',84	+1'',79	+0'',001	0'',000	+0'',001	+0'',017	+0'',020	-0'',003
9	+0'',95	-1'',94	+2'',39	0'',000	+0'',001	-0'',001	+0'',012	+0'',012	0'',000
Σ	+5'',70	+5'',66	+0'',04	+0'',003	+0'',003	0'',000	+0'',076	+0'',076	0'',000

Největší rozdíl ($2'',89$) je u oprav měřených úhlů; odchylka v zeměpisné šířce je velmi malá a opravy se maximálně liší o $0'',001$; odchylka v zeměpisné délce je značně vyšší ($0'',076$) a opravy se liší až o $0'',008$.

V tabulce 5 jsou sestaveny hodnoty zeměpisných souřadnic vrcholů polygonového pořadu z vyrovnání podle metody nejmenších čtverců (MNC), z přibližného vyrovnání (jen vteřiny a jejich zlomky) a rozdíl obojích hodnot.

Tabulka 5

Bod	Zeměpisná šířka B			Zeměpisná délka L		
	MNC	přibliž.	rozdíl	MNC	přibliž.	rozdíl
83	$49^{\circ} 06' 15'',355$	$15'',355$	$0'',000$	$16^{\circ} 38' 52'',703$	$52'',711$	$-0'',008$
68	$49^{\circ} 08' 10'',400$	$10'',399$	$+0'',001$	$16^{\circ} 32' 42'',103$	$42'',108$	$-0'',005$
48	$49^{\circ} 11' 41'',509$	$41'',509$	$0'',000$	$16^{\circ} 36' 05'',076$	$06'',079$	$-0'',003$
22	$49^{\circ} 15' 45'',756$	$45'',757$	$-0'',001$	$16^{\circ} 33' 09'',550$	$09'',550$	$0'',000$

Z tabulky 5 je zřejmé: Maximální rozdíl $0'',008$ v zeměpisné délce znamená 16 cm v poloze bodu; u azimutů vystačíme rovněž s výsledky z přibližného vyrovnání. Výsledky přibližného vyrovnání můžeme v našem příkladě považovat za vyhovující pro geodetické zabezpečení vojsk. Přibližné vyrovnání je podstatně jednodušší a značně rychlejší.

Při přibližném vyrovnání polygonových pořadů v zeměpisných souřadnicích bychom mohli postupovat také tak, že bychom nejprve vyrovnali měřené úhly (splnili azimutální podmínku odděleně od podmínek souřadnicových) a teprve potom počítali přibližné zeměpisné souřadnice vrcholů. Mohli bychom také převést (pomocí meridiánové konvergence) dané azimuty na počátečním a koncovém bodě pořadu na severníky v Gaussově rovině, splnit podmínku směrníkovou a směrníky převést na azimuty. Protože však budeme obvykle požadovat nejen souřadnice, ale také azimuty a protiazimuty stran polygonového pořadu, bude vhodnější počítat s azimuty.

Závěr

V článku je popsán způsob výpočtu a vyrovnání polygonových pořadů v zeměpisných souřadnicích pro geodetické zabezpečení vojsk za předpokladu, že délky byly měřeny rádiovým dálkoměrem typu telluometru a úhly vteřinovým theodolitem. Pro vyrovnání odchylek podle metody nejmenších čtverců byly zjednodušeny výpočetní vzorce a sestrojeny nomogramy pro určení koeficientů přetvořených podmínkových rovnic. Řešení je přesto složité a zdlouhavé. V druhé části práce je proto uvedeno vyrovnání přibližné, které bude tím víc oprávněno, čím menší budou odchylky (uzávěry) na konci pořadu; odchylky budou malé, budeme-li co nejpresněji měřit délky stran a úhly v pořadech. V článku je v potřebné míře uveden numerický příklad výpočtu a vyrovnání polygonového pořadu v zeměpisných souřadnicích.

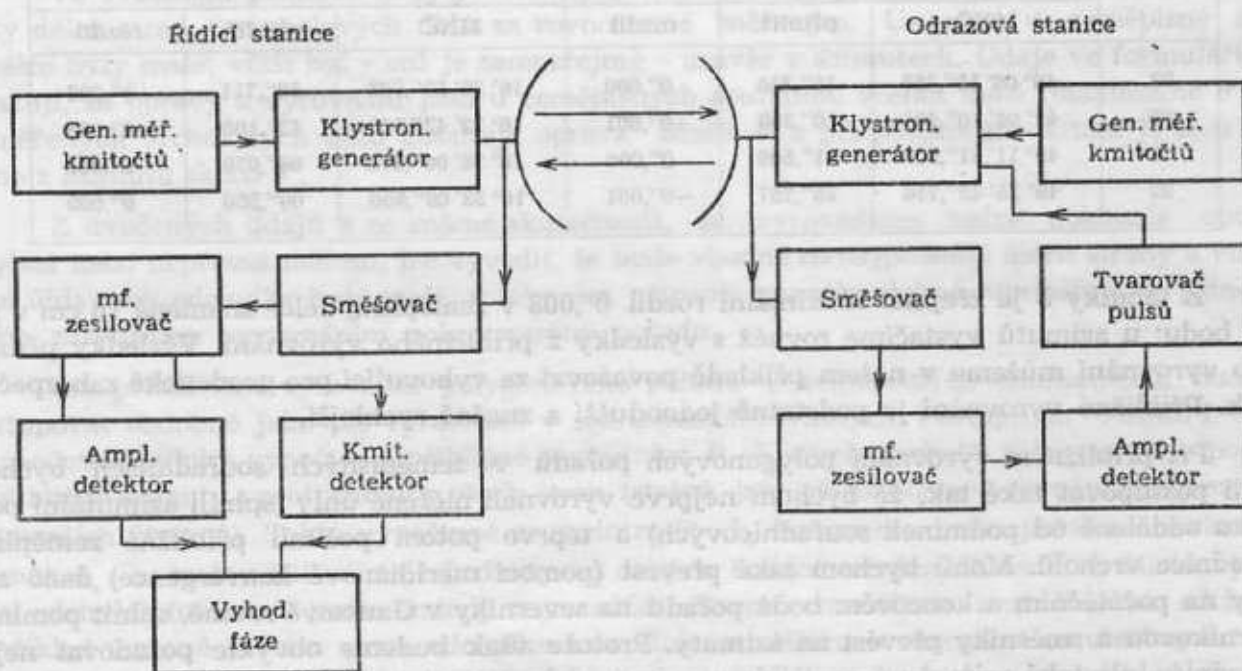
Literatura:

- [1] Vykutíl, J.: Výpočet zeměpisných souřadnic a azimutů pro body určené směrem a délkou (rajónem) Vojenský topografický obzor č. 1, 1964
- [2] Elznic V.: Vyrovnání polygonových pořadů v zeměpisných souřadnicích, Zeměměřický obzor 1947, č. 2
- [3] Vykutíl, J.: Výpočet a vyrovnání délkově měřených sítí, skripta VAAZ, Brno 1961
- [4] Jordan-Eggert: Handbuch der Vermessungskunde, díl III/2, Stuttgart 1948
- [5] Vykutíl, J.: Vyrovnávací počet, VAAZ, Brno 1964

Princip činnosti geodetických rádiových dálkoměrů

V čs. odborné literatuře není dosud celkové pojednání o geodetických dálkoměrech. Článek stručně seznamuje s činností elektronických obvodů rádiového dálkového typu GET-b1, MRA-1 a MRA-2. Je určen pro pracovníky s těmito přístroji - geodety, kteří mají alespoň částečné znalosti z elektroniky.

Zjednodušené blokové schéma dálkoměru je na obr. 1.



Obr. 1 . Zjednodušené blokové schéma dálkoměru

Použité klystronové generátory, které jsou zdrojem nosné vlny, jsou vysílače laditelné v pásmu 10 cm. Generátor měřících kmitočtů je tvořen krystalovým oscilátorem s volitelnými kmitočty, které kmitočtově moduluji nosnou vlnu vysílanou klystronovým vysílačem. Příjímací a vysílací část je společná a je tvořena vzájemně kolnými dipóly umístěnými v ohnisku parabolického zrcadla. Směšovač-germaniová dioda je umístěn na konci držáku dipólů a slouží k získání mezifrekvenčního kmitočtu. Pětistupňový mezifrekvenční (MF) zesilovač se synchronně laděnými obvody je naladěn na kmitočet 33 MHz a má šířku pásma 0,5 MHz. Amplitudový detektor je tvořen diodou. Kmitočtová detekce je provedena fázovým diskriminátorem. Tvarovač pulsů je tvořen dvoustranným omezovačem, derivačním obvodem a dalším jednostranným omezovačem (selektorem), který vybírá kladné značkovací pulsy. Vyhodnocení fáze je provedeno pomocí obrazovky.

Při měření vysílá řídicí stanice kmitočtově modulovanou vlnu, kterou lze popsat vztahem

$$e = A \sin (\omega_n t + m f t \sin \nu t) , \quad (1)$$

kde ω_n - kruhový kmitočet nosné vlny,

ν - modulační kmitočet,

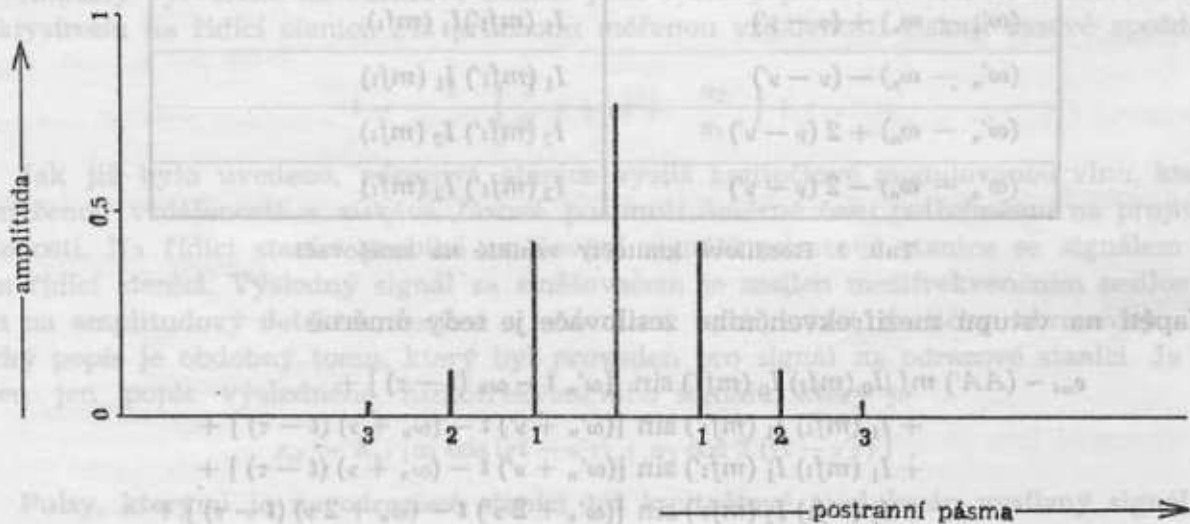
$$m f t = \frac{\Delta \omega}{\nu} - \text{index kmitočtové modulace,}$$

$\Delta \omega$ - kmitočtový zdvih.

Rovnici (1) rozvedeme pomocí Besselových funkcí a získáme spektrální rovnici

$$e = A \{ I_0(mft) \sin \omega_n t + I_1(mft) [\sin(\omega_n + \nu)t - \sin(\omega_n - \nu)t] + I_2(mft) [\sin(\omega_n + 2\nu)t + \sin(\omega_n - 2\nu)t] + I_3(mft) [\sin(\omega_n + 3\nu)t - \sin(\omega_n - 3\nu)t] + \dots \} \quad (2)$$

Rovnice (2) ukazuje, že kmitočtově modulovaná vysokofrekvenční vlna je složena z nosné vlny základního kmitočtu ω_n a z nekonečného počtu postranních pásem kmitočtů daných součtem i rozdílem základního kmitočtu ω_n a všech harmonických násobků modulačního kmitočtu ν . Amplitudy postranních pásem vzhledem k amplitudě nosné jsou dány poměrem Besse-



Obr. 2. Spektrální obraz kmitočtově modulované vlny.

lových funkcí. U dálkoměru, kde index kmitočtové modulace $mfr < 1$, jsou Besselovy funkce vyšších řádů zanedbatelné a odpadají příslušná vyšší postranní pásma. K získání představy je na obr. 2 nakreslen spektrální obraz kmitočtově modulované vlny pro $mfr = 1$. Velikost amplitudy nemodulované nosné vlny je rovna jedné.

Z toho vyplývá, že v rovnici (2) jsou zanedbatelné Besselovy funkce vyšších řádů, než je řád druhý, a kmitočtově modulovaný signál vysílaný řídicí stanicí lze popsat

$$e = A \{ I_0(mft) \sin \omega_n t + I_1(mft) [\sin(\omega_n + \nu)t - \sin(\omega_n - \nu)t] + I_2(mft) [\sin(\omega_n + 2\nu)t + \sin(\omega_n - 2\nu)t] \} \quad (3)$$

Projde-li tento signál měřenou vzdáleností k odrazové stanici, získá časový posuv τ

$$e = A \{ I_0(mft) \sin \omega_n (t - \tau) + I_1(mft) [\sin(\omega_n + \nu)(t - \tau) - \sin(\omega_n - \nu)(t - \tau)] + I_2(mft) [\sin(\omega_n + 2\nu)(t - \tau) + \sin(\omega_n - 2\nu)(t - \tau)] \} \quad (4)$$

Odrazová stanice vysílá též kmitočtově modulovanou vlnu, jejíž nosný kmitočet je o 33 MHz vyšší než nosný kmitočet řídicí stanice a modulační kmitočet je o 1 KHz nižší než modulační kmitočet řídicí stanice.

Rovnice pro signál vysílaný odrazovou stanicí je analogická rovnice (3)

$$e' = A' \{ I_0(mf't) \sin \omega'_n t + I_1(mf't) [\sin(\omega'_n + \nu')t - \sin(\omega'_n - \nu')t] + I_2(mf't) [\sin(\omega'_n + 2\nu')t + \sin(\omega'_n - 2\nu')t] \} \quad (5)$$

Na směšovači odrazové stanice se setkávají dvě kmitočtově modulovaná vlnění: (4) od řídicí stanice a (5) od vlastního klystronového vysílače. Za předpokladu, že směšovač (dioda)

má kvadratickou charakteristiku, je mezifrekvenční složka vzniklá ze dvou signálů o amplitudách A_1 a A_2 a kruhovém kmitočtu ω_1 a ω_2 úměrná

$$e_{mf} \sim A_1 A_2 \sin(\omega_1 - \omega_2) t. \quad (6)$$

Pomocí rovnice (6) určíme z rovnic (4) a (5) ty rozdílové kmitočty, které mohou být zesíleny mezifrekvenčním zesilovačem. U dálkoměru je mezifrekvenční kmitočet 33 MHz a šířka přenášeného kmitočtového pásma 0,5 MHz. Určené kmitočty jsou spolu s jejich amplitudami uvedeny v tab. 1.

Kmitočty	Amplitudy
$(\omega'_n - \omega_n)$	$I_0(mf') I_0(mf)$
$(\omega'_n - \omega_n) + (\nu - \nu')$	$I_1(mf') I_1(mf)$
$(\omega'_n - \omega_n) - (\nu - \nu')$	$I_1(mf') I_1(mf)$
$(\omega'_n - \omega_n) + 2(\nu - \nu')$	$I_2(mf') I_2(mf)$
$(\omega'_n - \omega_n) - 2(\nu - \nu')$	$I_2(mf') I_2(mf)$

Tab. 1. Rozdílové kmitočty vzniklé na směšovači

Napětí na vstupu mezifrekvenčního zesilovače je tedy úměrné

$$e_{mf} \sim (AA') mf [I_0(mf) I_0(mf') \sin[\omega'_n t - \omega_n(t - \tau)] + I_1(mf) I_1(mf') \sin[(\omega'_n + \nu)t - (\omega_n + \nu)(t - \tau)] + I_1(mf) I_1(mf') \sin[(\omega'_n + \nu')t - (\omega_n + \nu')(t - \tau)] + I_2(mf) I_2(mf') \sin[(\omega'_n + 2\nu)t - (\omega_n + 2\nu)(t - \tau)] + I_2(mf) I_2(mf') \sin[(\omega'_n + 2\nu')t - (\omega_n + 2\nu')(t - \tau)]] . \quad (7)$$

Upravíme dosazením

$$\begin{aligned} \omega'_n - \omega_n &= \omega ; & \omega &= 2\pi f \quad a \quad f = 33 \text{ MHz} \\ \nu - \nu' &= \gamma ; & \gamma &= 2\pi F \quad a \quad F = 1 \text{ KHz} \end{aligned}$$

$$\alpha_1 = 2 \frac{I_1(mf) I_1(mf')}{I_0(mf) I_0(mf')} \quad \alpha_2 = 2 \frac{I_2(mf) I_2(mf')}{I_0(mf) I_0(mf')}$$

Po dosazení a úpravě rovnice (7)

$$e_{mf} \sim K \sin(\omega t + \omega_n \tau) [1 + \alpha_1 \cos(\gamma t - \nu \tau) + \alpha_2 \cos 2(\gamma t - \nu \tau)] . \quad (8)$$

Výsledná rovnice (8) je rovnicí pro amplitudově modulovanou vlnu, kde

$$\begin{aligned} K &- \text{amplituda nemodulované nosné vlny,} \\ \alpha &- \text{hloubka amplitudované modulace.} \end{aligned}$$

Výsledkem směšování dvou kmitočtově modulovaných signálů vysílaných stanicemi dálkoměru je signál 33 MHz amplitudově modulovaný kmitočtem 1 KHz. Získaný signál je zesílen mezifrekvenčním zesilovačem a veden na lineární detektor (dioda), který odfiltruje mezifrekvenční kmitočet, takže získáme nízkofrekvenční signál, kterým je mf kmitočet modulován:

$$e_{mf} = k_{mf} [\alpha_1 \cos(\gamma t - \nu \tau) + \alpha_2 \cos 2(\gamma t - \nu \tau)] . \quad (9)$$

Nízkofrekvenční signál popsany rovnicí, je na odrazové stanici veden na dvoustranný omezovač, který z něho vytváří kladné obdélníkové pulsy. Obvod RC s malou časovou konstantou vytváří z obdélníkového napětí krátké kladné a záporné pulsy, z nichž další jedno-

stranný omezovač vybírá jen kladné. Tyto pulsy kmitočtově moduluji na odrazové stanici klystronový vysílač. Nosná vlna vysílaná odrazovou stanicí je tedy kmitočtově modulovaná měřicím kmitočtem a pulsy. Poloha pulsů vytvořených tvarovačem odpovídá tomu okamžiku, kdy nízkofrekvenční napětí popsané rovnicí (9) je nulové. Abychom určili časový okamžik, ve kterém byl puls vytvořen, položíme výraz v závorce pravé strany rovnice (9) rovný nule;

$$\cos(\gamma t - \nu\tau) + \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \cos 2(\gamma t - \nu\tau) = 0 \quad (10)$$

Řešení této rovnice je

$$t = \frac{1}{\gamma} \left(\frac{3}{2} \pi + \nu\tau + \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \right). \quad (11)$$

Impulsy vytvořené na odrazové stanici jsou vyslány prostřednictvím kmitočtové modulační klystronu na řídicí stanici. Při průchodu měřenou vzdáleností získají časové zpoždění τ .

$$t = \frac{1}{\gamma} \left(\frac{3}{2} \pi + \nu\tau + \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \right) + \tau. \quad (12)$$

Jak již bylo uvedeno, odrazová stanice vysílá kmitočtově modulovanou vlnu, která se šíří měřenou vzdáleností a získává fázové posunutí úměrné času potřebnému na projití této vzdálenosti. Na řídicí stanici probíhá směšování signálů odrazové stanice se signálem vysílaným řídicí stanici. Výsledný signál za směšovačem je zesílen mezifrekvenčním zesilovačem, veden na amplitudový detektor, zesílen a veden na vychylovací destičky obrazovky. Matematický popis je obdobný tomu, který byl proveden pro signál na odrazové stanici. Je proto uveden jen popis výsledného nízkofrekvenčního signálu, který je

$$e_{af} \sim K_{af} [\alpha_1 \cos(\gamma t - \nu'\tau) + \alpha_2 \cos 2(\gamma t - \nu'\tau)]. \quad (13)$$

Pulsy, kterými je na odrazové stanici též kmitočtově modulován vysílaný signál, jsou na řídicí stanici za mezifrekvenčním zesilovačem detekovány kmitočtovým detektorem, zesíleny a vedeny na mřížku obrazovky, kde moduluji (přerušují) kruhovou časovou základnu vytvořenou pomocí vychylovacích destiček nízkofrekvenčním signálem. Pulsy byly vytvořeny z nízkofrekvenčního signálu (mají tedy stejný opakovací kmitočet) a přerušení se na kruhové časové základně nepohybuje. Na obrazovce tedy zjišťujeme fázový rozdíl (časový rozdíl) mezi nízkofrekvenčním napětím, které vytváří kruhovou stopu, a pulsy, které tuto stopu přerušují. Aby bylo možno určit tento rozdíl, určíme nulovou hodnotu nízkofrekvenčního signálu, který je popsán rovnicí (13) (stejně se postupovalo na odrazové stanici při zjišťování časového okamžiku vytvoření pulsu).

Výsledek řešení je

$$t' = \frac{1}{\gamma} \left(\frac{3}{2} \pi + \frac{\alpha_2}{\alpha_1} - \nu'\tau \right). \quad (14)$$

Fázový indikátor ukazuje rozdíl času t (rovnice 12) a času t' (rovnice 14)

$$\Delta t = t - t' = \frac{1}{\gamma} (\nu\tau + \nu'\tau + \tau). \quad (15)$$

Časové zpoždění je úměrné fázovému posuvu

$$\gamma \Delta t = \nu\tau + \nu'\tau + \gamma\tau. \quad (16)$$

Poněvadž $\gamma = \nu - \nu'$, je možno upravit

$$\gamma \Delta t = 2\nu\tau. \quad (17)$$

Fázová metoda měření vzdálenosti spočívá v tom, že se srovnávají fáze dvou koherentních elektromagnetických vln, které prošly rozdílnou dráhou. Rozdíl fází je úměrný rozdílu časů, které tyto vlny potřebují k projití příslušných drah. Předpokládáme-li stejnorodé prostředí a dráhu přímočarou, je doba šíření úměrná vzdálenosti.

Fázové posunutí φ mezi vyslaným a přijímaným signálem je

$$\varphi = 2\omega\tau, \quad (18)$$

kde $\tau = \frac{D}{v}$;

τ – čas šíření elektromagnetické vlny.

Vzdálenost D lze vyjádřit

$$D = \frac{N\lambda + \Delta D}{2}. \quad (19)$$

N – celé číslo (počet celých vlnových délek),

λ – vlnová délka, $\lambda = \frac{v}{f}$ a f je kmitočet vlny.

Dosadíme-li, je posunutí fáze

$$\varphi = 2\omega \frac{N\lambda + \Delta D}{2v} = 2\pi N + 2\pi N \frac{\Delta D}{\lambda}.$$

Fázovým detektorem je možno určit pouze část $2\pi \frac{\Delta D}{\lambda}$, kterou označíme $\Delta\varphi$, takže

$$\varphi = 2\pi N + \Delta\varphi \quad (20)$$

a vzdálenost

$$D = \frac{\lambda}{2} \left(N + \frac{\Delta\varphi}{2\pi} \right). \quad (21)$$

Posunutí fáze je úměrné časovému zpoždění vyjádřenému v (17)

$$2\pi N + \Delta\varphi = 2\pi\tau. \quad (22)$$

$\Delta\varphi$ je změřený fázový rozdíl v rad.

Fázovým indikátorem je možno změřit pouze fázový rozdíl v rozmezí $0 - 2\pi$. Rozdělíme proto τ na dvě složky:

τ_0 – doba odpovídající počtu celých period změn fáze,

τ_1 – doba odpovídající změřenému fázovému posuvu.

Potom i (22) se rozdělí na dvě části

$$2\pi N = 2\pi\tau_0. \quad (23)$$

$$\Delta\varphi = 2\pi\tau_1. \quad (24)$$

Před obrazovkou je kruhová stupnice rozdělená na 100 dílků. Fázový rozdíl je proto odečítán v dílcích

$$100 \text{ díl} = 2\pi ad$$

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{100} d.$$

Dosadíme do (24)

$$\frac{2\pi}{100} d = 2\pi\tau_1$$

odtud

$$d = 100 f_1 2\tau_1.$$

$2\tau_1 = \tau'$ je doba šíření odpovídající dvojnásobné měřené vzdálenosti. Čtení na indikátoru v dílcích je

$$d = 100 f_1 \tau'.$$

Doba šíření

$$\tau' = \frac{d}{100 f_1}$$

Je-li například u dálkoměru GET-B1 měřicí kmitočet 10 MHz, tj. 10^7 Hz, vychází doba šíření

$$\tau' = d \cdot 10^{-9} \text{ (sec)}$$

odpovídající desítkám a jednotkám nanosekund. Při přepočtu na dálku to znamená, že údaj indikátoru se bude opakovat každých 15 m.

Pro určení celé vzdálenosti je u dálkoměru použita metoda skokových změn měřících kmitočtů. Princip této metody je objasněn na uvedeném příkladu.

Generátor měřících kmitočtů řídicí stanice dálkoměru GET-B1 je vybaven těmito měřícími kmitočty:

1. $f_A - 10\,000$ MHz,
2. $f_B - 9\,990$ MHz,
3. $f_C - 9\,900$ MHz,
4. $f_D - 9\,000$ MHz.

Je-li měřena vzdálenost D pomocí měřícího kmitočtu f_A , je obecně výsledek (použito (21))

$$D = \frac{\lambda_A}{2} \left(N_A + \frac{\Delta\varphi_A}{2\pi} \right) \quad (25)$$

Použitím druhého měřícího kmitočtu f_B

$$D = \frac{\lambda_B}{2} \left(N_B + \frac{\Delta\varphi_B}{2\pi} \right) \quad (26)$$

Odečteme od rovnice (25) rovnici (26) a dosadíme $\Delta f = f_A - f_B$

$$\frac{\Delta\varphi_A - \Delta\varphi_B}{2\pi} = \frac{2DA\Delta f}{v} + N_B - N_A,$$

odtud

$$D = \frac{v}{2A\Delta f} \left[(N_A - N_B) + \frac{\Delta\varphi_A - \Delta\varphi_B}{2\pi} \right] = \frac{\Delta\lambda}{2} \left(N_A - N_B + \frac{\Delta\varphi_A - \Delta\varphi_B}{2\pi} \right). \quad (27)$$

Z rovnice (27) je zřejmé, že rozdíl fázových údajů $\Delta\varphi_A - \Delta\varphi_B$ získaných při měřících kmitočtech f_A a f_B je ekvivalentní fázovému rozdílu, který bychom získali při kmitočtu Δf . To znamená, že u dálkoměru GET-B1 použitím rozdílu fázových údajů při prvním a druhém měřícím kmitočtu získáme výsledný fázový posuv který bychom též získali při použití měřícího kmitočtu 0,01 MHz, tj. 10 kHz. Periodičnost opakování fázového údaje při kmitočtu 10 kHz vyjádřena v délce je 15 km. Podobně rozdíl fázových údajů získaných při prvním a třetím a při prvním a čtvrtém měřícím kmitočtu odpovídá fázovému údaji, který bychom získali na kmitočtu 100 kHz a 100 kHz. Takovým způsobem je určena celá doba šíření elektromagnetické energie.

Závěrem lze říci, že z konstrukčního hlediska představuje geodetický dálkoměr velmi pokrokové řešení. V popisu činnosti, který je hlavně zaměřen na vysvětlení principu přístroje, není vysvětleno odstranění chyby vzniklé časovým zpožděním signálu v elektronických obvodech stanic a odstranění chyby vzniklé na fázovém indikátoru, což je u dálkoměrů technicky velmi vtipně vyřešeno. Geodetický rádiový dálkoměr se vyznačuje malou vahou, značným dosahem, velkou přesností a jednoduchou obsluhou.

Literatura:

- Stránský J.: Základy radiotechniky II
 Star A. T.: Radiotechnika velmi krátkých vln
 Genike A. A.: Trudy CNIGAIK vypusk 164
 Holejtka K.: Praca doktorska Politechniki Warszawskiej 1964
 Návod k obsluze a použití teluometru MRA-1
 Návod k obsluze a použití teluometru MRA-2
 Technický popis a instrukce k obsluze geodetického dálkoměru GET-B1

Použití rádiových dálkoměrů v zalesněném terénu

Úvod

Ve speciálních trilaterálních sítích rozvinovaných jednotkami VTS se zaměřují strany o délce 20 i více km pomocí rádiových dálkoměrů. Jednotlivé vrcholy trilaterálních sítí, trojúhelníkových nebo čtyřúhelníkových řetězců se obvykle projektují na vrcholcích vyvýšenin, z nichž však mnohé - a to je charakteristické pro naše území - jsou zalesněny. Výška porostu obvykle přesahuje 15 m. Poněvadž rádiové vlny v 10centimetrovém pásmu jsou silně tlumeny při průchodu lesním porostem, klesá dosah rádiových dálkoměrů na několik stovek metrů a měření se značně komplikuje. Obdobné problémy nastávají i tehdy, když rádiová vizura prochází porostem pouze částečně.

V bojových podmínkách nelze počítat se stavbou obvyklých dřevěných nebo kovových věží.

Byly proto vyzkoušeny některé metody vhodné pro řešení uvedených problémů a jejich rozbor je obsahem našeho článku.

Použité metody a jejich zhodnocení

1. Zvýšené stanoviště

Rádiový dálkoměr GET-B1 byl umístěn na teleskopické plošině TV-23 B (obr. 1), která se sériově vyrábí v SSSR. Plošina je převážena 5t vozidlem ZIL. Má nosnou korbu, která je dostatečně prostorná pro dva měřiče s přístroji a jejíž únosnost je 300 kg. Korbu lze vysunout do výše 21,6 m (obr. 2). Příprava zařízení na stanovišti trvá 20 - 30 min. a spočívá v horizontování základny výkyvně spojené s vozidlem a ve vysunutí korby pomocí motoru ovládaného z kabiny řidiče. Vysunutá plošina byla pro naše účely zakotvena pomocí tří lan. Při mírném větru byly výkyvy korby způsobené nezbytným pohybem obsluhy přibližně 1 - 2 cm při výšce plošiny 15 m a přibližně 2 - 4 cm při maximální výšce 21 m. Za mírného větru nebylo pozorováno mimořádné chvění stopy na obrazovce dálkoměru.

Zvýšené stanoviště umožňuje využít pro měření v zalesněném terénu i přístroje starších typů (MRA-1, GET-B1), u nichž je anténa spojena pevně s přístrojem. To je jediná přednost tohoto způsobu. Vzhledem k celkové váze zařízení a jeho malé pohyblivosti nelze jeho zavážení pokládat za perspektivní. Podobně málo perspektivní jsou i návrhy na konstrukci různých převozných věží pro obdobné účely.

Teleskopická plošina může mít vhodné uplatnění, je-li použita pro tyto účely:

- k průzkumu,
- k umístění rádiového dálkoměru s oddělenou anténou, která by byla vysunuta pomocí další teleskopické tyče do výše 8-10 m nad korbu. Tím by celková výška vizury na stanovišti dosáhla bez obtíží 30 m. Je pochopitelné, že k použití by došlo jen v ojedinelých případech.

2. Dálkoměry s oddělitelnou anténou typu MRA-2

Ke zkouškám byl použit teluometr MRA-2, jehož konstrukce dovoluje oddělení a vysunutí antény. Spojení oddělené části s přístrojem umožňuje koaxiální kabel, který v délce 10,5 m dodává výrobce s vlastním přístrojem. K vysunutí antény do výše 12 m jsme použili standardní teleskopický stožár „Magirus“, který se skládá z 8 jednometrových sekcí a váží 30 kg. Stožár byl prodloužen o 4 m pomocí dvou duralových tyčí. Celý stožár o délce 12 m byl zakotven ve třech výškách celkem pomocí 9 lanek. Příprava přístroje i stožáru trvala 20-30 min. Při síle větru 6 m/s nebylo patrné chvění stopy, způsobené případnými otřesy antény.

Předností přístroje typu MRA-2 je jednoduchý přechod od pevné k oddělené anténě. Sama anténa s nosičem je poměrně lehká (2,5 kg) a její vysunutí do výše 12 m nečiní zvláštní potíže.

Nevýhodou tohoto řešení je značný útlum signálu ve spojovacím koaxiálním kabelu, který je příčinou podstatného zkrácení dosahu dálkoměru. Při použití 10,5 m dlouhého koaxiálního kabelu u jedné stanice dochází ke zkrácení dosahu o $1/3$. Poněvadž lesní porost je



Obr. 1. Příprava teleskopické plošiny TV-23 B

většinou vyšší než 12 m, je délka spojovacího kabelu nedostatečná. Další jeho prodloužení by vedlo k neúměrnému zkrácení dosahu. Při dalším vývoji rádiových dálkoměrů proto konstruktéři tento princip opustili.

U perspektivních typů rádiových dálkoměrů je oddělen celý vysilací a přijímací blok. V socialistických zemích se v současné době konstruuji podobné přístroje v SSSR a MLR. Krátkou zmínku o stavu prací v SSSR uvádí známý konstruktér A. A. Genike v [2]. Z údajů vyplývá, že parametry sovětského přístroje budou na světové úrovni.

V Maďarsku byl na závodě FMV konstruován dálkoměr GET-A1, jehož prototyp byl předveden na sympoziu v Drážďanech v květnu 1965 a na výstavě v Moskvě na podzim 1965 [3]. Přístroj pracuje v 10 cm pásmu s dosahem 50 km nebo v 3 cm pásmu s dosahem 10–15 km.

Vysílací a přijímací blok je oddělen, váží 8 kg a je spojen 15metrovým kabelem s ovládacím panelem o váze 15 kg. Řídící a odrazová stanice jsou vzájemně zaměnitelné. Odečítání fázového rozdílu se neprovádí na obrazovce, nýbrž pomocí fázového indikátoru číselně. Podle zprávy, uvedené v [3], konstruuje se na závodě také stožár o výšce 12 m. Lze si jen přát, aby výrobce přihlédl k našim požadavkům, předneseným na sympoziu v Drážďanech, a dodával přístroje s možností vysunutí antény minimálně do výše 20 m.



Obr. 2. Korba vysunutá do výše 20 m vedle rotundy na Řípu

3. Překonstruování odrazové stanice rádiového dálkoměru GET-B1

Ve VTOPÚ byla pod vedením inž. Rudolfa Hovorky upravena standardní odrazová stanice GET-B1 tak, že přístroj může pracovat ve dvou modifikacích: jako původní stanice s pevnou anténou nebo upravená s odděleným vysílacím a přijímacím blokem.

Princip úpravy spočívá v tom, že klystronový vysílač je v oddělené části a jeho rezonátor je dálkově laděn pomocí elektromotorku.

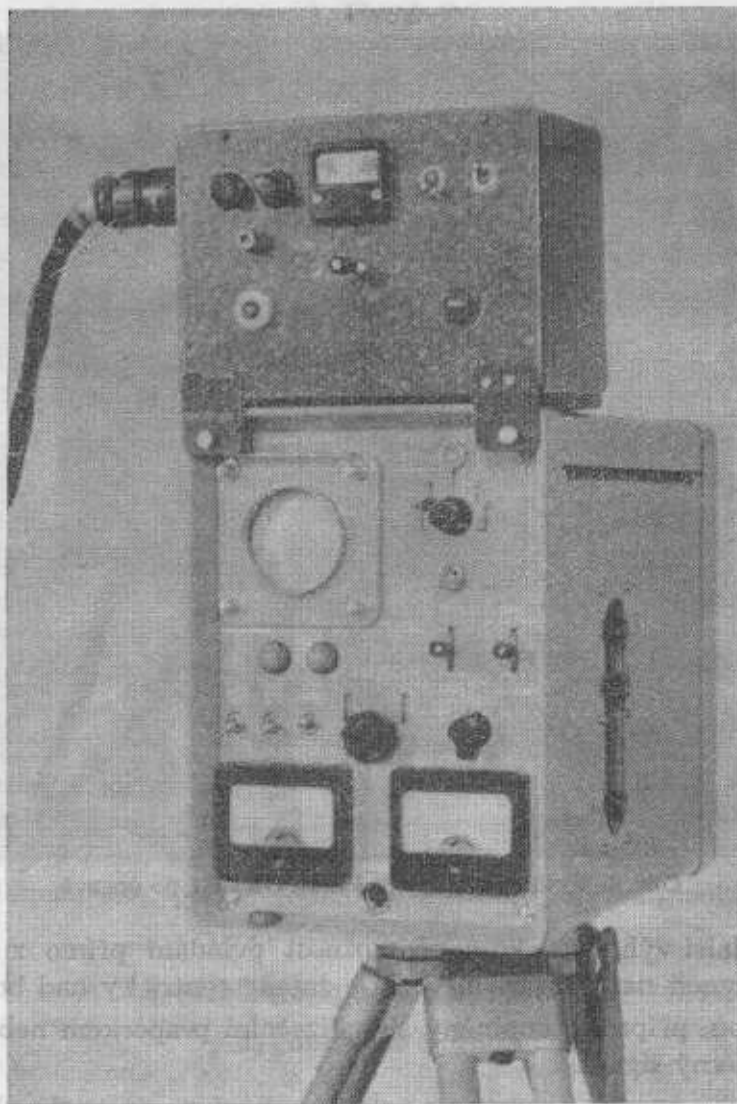
Upravená odrazová stanice má 2 části:

- a) Ovládací panel (obr. 3, který je tvořen dosavadní odrazovou stanicí GET-B1 s vy-

pojeným klystronovým vysílačem a dále přídavným zařízením, které obsahuje přídavný zdroj, zařízení pro ovládání elektromotorku a indikátor pracovní frekvence.

b) Vysílací a přijímací blok (obr. 4), který obsahuje klystronový vysílač s laděným rezonátorem, stejnosměrný elektromotorek a odpovídající zesilovače.

Přístroj je napájen dvěma 6V bateriemi. Vysílací a přijímací blok byl u prototypu propojen s ovládacím panelem 28 m dlouhým vícepramenným kabelem, jehož část je patrná na obr. 3 a obr. 4.



Obr. 3. Ovládací panel GET-B1 po úpravě

Polní zkoušky s prototypem ukázaly, že dosah upravené odrazové stanice ve spojení se standardní řídicí stanicí přesahuje 25 km. Prakticky lze předpokládat, že dosah vůči standardní dvojici stanic*) neklesne o více než 10 % - 20 %.

Pro vysunutí přijímacího a vysílacího bloku do výše 20 m jsou zkoušeny dva typy stožárů:

a) teleskopický stožár, který je v příslušenství rádiové stanice R 824 M. Stožár je 15,7 m dlouhý (ve složeném stavu 2,6 m) a váží 90 kg. Jeho únosnost ve výšce 15,7 m je 25 kg. Prodloužením stožáru o 5 m pomocí duralových tyčí dosáhne se celkové výšky přes 20 m. Prodloužený stožár je nutno kotvit na 3 výškách celkem 9 lanky. Stožár lze upevnit na karosérii skříňového vozidla a anténu vysunovat přímo nad vozidlem,

*) Výrobce uvádí jednotně pro všechny dvojice stanic GET-B1 maximální dosah 50 km. V praxi se ukazuje, že tento údaj kolísá podle stavu elektronek, podle kvality vypracování a vyladění jednotlivých bloků atd. U některých stanic byl maximální dosah jen 20 - 25 km.

b) skládací stožár, který se sestavuje z 10 asi dvoumetrových sekcí. Sekce se postupně napojují a zvedají pomocí vodící lišty. Uvažovaný stožár má únosnost 6 kg ve výši 20 m a musí být zakotven na 4 výškách celkem 12 lanky.

Oddělení vysílacího a přijímacího bloku odrazové stanice GET-B1 umožňuje využití dálkoměru GET-B1 i pro práce v členitém a zalesněném terénu. Při vhodném rozmístění řídicí a odrazové stanice vzhledem k překážkám ve vizurách lze s takto upraveným dálkoměrem provést měření většiny stran v projektovaných speciálních sítích. Upravená odrazová stanice



Obr. 4. Vysílací a přijímací blok GET-B1 po úpravě

GET-B1 poskytuje i další výhody, jako např. možnost ovládání přímo z vozidla, jestliže výsuvný stožár je připevněn na karosérii a vozidlo zajede centricky nad bod.

Stožár s anténou, případně doplněný signalizačním praporkem nebo terčem, může sloužit současně jako záměrný signál.

Závěr

Pro moderní typy rádiových dálkoměrů nejsou lesní porosty při měření obtížnou překážkou. Při použití teleskopické plošiny a na ní umístěného teleskopického stožáru nesoucího oddělenou přijímací a vysílací část dálkoměru je možno překonat překážky o výšce až 30 m. Pro efektivní využití dosavadních dálkoměrů GET-B1 má značný význam vývoj oddělené přijímací a vysílací části, který byl dokončen ve VTOPÚ a s úspěchem ověřen při měřeních v terénu.

Literatura:

- [1] Hovorka R.: „Zpráva o vývoji oddělené antény k dálkoměru GET-B1“. VTOPÚ Dobruška 1966. Nezveřejněno.
- [2] Genike A. A.: „Sovremennoe sostojanie razvitiya elektronnych metodov izmerenija rasstojanij“. Geodezija i kartografija č. 4/1965.
- [3] Šokin S. P.: Vystavka sovremennyh geodezičeskich i fotogrametričeskich priborov“. Geodezija i kartografija č. 12/1965.

Některé aplikace přesné polygonometrie v geodetickém zabezpečení vojsk

1. Úvod

Přesná polygonometrie s délkami měřenými rádiovými a světelnými dálkoměry je důležitou metodou jak k budování sítí geodetických bodů pro potřeby mapování a různé speciální geodetické práce, tak k zaměřování geodetických bodů pro potřeby vojsk.

Cílem přesné polygonometrie při budování a zhušťování geodetických sítí je přesné určení vzájemné polohy jednotlivých bodů v polygonových pořadech a spolehlivé připojení polygonových bodů k okolním bodům sítí. Při zaměřování bodů pro potřeby vojsk jsou požadavky



Obr. 1.

na přesnou polygonometrii odlišné. Hlavním cílem je přesné určení směrniců; požadavky na určení polohy polygonových bodů jsou mnohem menší. Někdy se zaměřují jen směrové pořady.

V tomto článku se budeme zabývat některými přibližnými způsoby vyrovnání polygonových pořadů, které zachovají dosaženou přesnost směrniců nebo azimutů polygonových stran. Dále věnujeme pozornost měření některých nadbytečných veličin, souvisejících s okolními body dané geodetické sítě, pokud jejich stabilizace, popř. signalizace, nebyla zničena.

2. Přibližné způsoby vyrovnání polygonových pořadů

a) K vyrovnání oboustranně orientovaných pořadů zaměřených pro potřeby vojsk je účelné použít těch přibližných metod vyrovnání, které rozdělují výpočet na dvě oddělené části. Nejprve se rozdělí úhlová odchylka U_3 , obvykle rovnoměrně na všechny vrcholové úhly a vypočítají se konečné hodnoty vyrovnaných směrniců polygonových stran podle vztahu

$$\sigma_{i,i+1} = \sigma_{i,i+1} - \frac{i}{n} U_3, \quad (1)$$

kde $\sigma_{i,i+1}$ je směrnic polygonové strany $s_{i,i+1}$, vypočtený z daného směrnicu σ_{AP} a měřených vrcholových úhlů ω_i ; $\sigma_{i,i+1}$ je vyrovnaný směrnic; i značí pořadové číslo polygonového bodu včetně počátečního připojovacího bodu (viz obr. 1); n je počet všech bodů včetně obou připojovacích bodů a úhlová odchylka U_3 je rozdíl směrniců σ_{BQ} vypočteného ze směrnicu σ_{AP} a měřených úhlů ω_i a směrnicu σ_{BQ} .

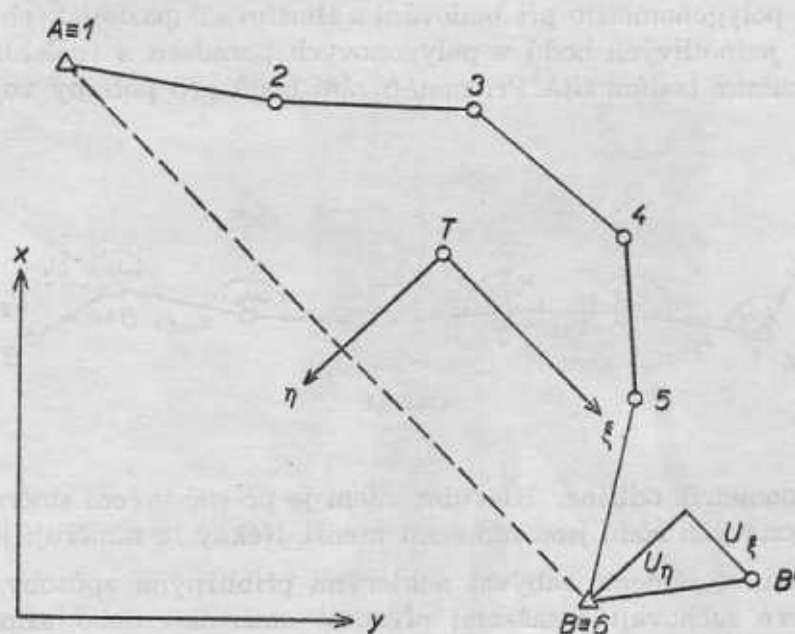
Po výpočtu vyrovnaných směrniců se rozdělí souřadnicové odchylky zvolenou přibližnou metodou vyrovnání.

α) Nejrychlejším a obvykle vyhovujícím způsobem vyrovnání je rozdělení souřadnicových odchylek úměrně počtu polygonových stran. Vyrovnané souřadnice se vypočítají z jednoduchých vztahů

$$\begin{aligned} y_i &= y'_i - \frac{i-1}{n-1} U_1, \\ x_i &= x'_i - \frac{i-1}{n-1} U_2, \end{aligned} \quad (2)$$

kde y'_i, x'_i jsou přibližné souřadnice polygonových bodů, y_i, x_i vyrovnané souřadnice polygonových bodů a U_1, U_2 (viz obr. 1) souřadnicové odchylky ($U_1 = y'_n - y_n, U_2 = x'_n - x_n$).

Přibližný způsob vyrovnání polohy polygonových bodů odpovídá metodě nejmenších čtverců jen ve směru pořadů. Úvaha platí za předpokladu, že pořady jsou alespoň přibližně



Obr. 2.

přímé a že jejich strany jsou měřeny rádiovými a světelnými dálkoměry, kdy střední chyby měřených délek jsou prakticky konstantní pro různě dlouhé polygonové strany. Jednoduchý výpočet vyrovnaných souřadnic polygonových bodů neodpovídá však ani přibližně vyrovnání polygonových bodů metodou nejmenších čtverců ve směru kolmém k pořadům. Uvedený přibližný způsob vyrovnání je vhodný zvláště pro pořady s menšími souřadnicovými odchylkami, které dosahují přibližně $1/4 - 1/3$ dovolených odchylek, nebo pro pořady, u nichž není třeba znát přesnou polohu polygonových bodů.

β) Souřadnicové odchylky dosahující větších hodnot než $1/4 - 1/3$ dovolených odchylek je vhodné vyrovnávat některou přibližnou metodou, vycházející z metody nejmenších čtverců. Výhodná je Čebotarevova metoda vyrovnání, odvozená pro přímé pořady [1]. Čebotarev uveřejnil přibližný způsob vyrovnání odvozený z metody nejmenších čtverců v r. 1934. Stejně jako u Eggertovy úpravy vyrovnání metodou nejmenších čtverců [2] opravuje nejprve měřené vrcholové úhly ω_i o opravu $1v_{\omega}$, vypočtenou rovnoměrným rozdělením úhlové odchylky U_3 . Pro vyrovnání volí pomocnou souřadnicovou soustavu η, ξ s počátkem v těžišti polygonového pořadu a s osou ξ , rovnoběžnou se spojnicí připojovacích bodů A, B (viz obr. 2). Pak upravuje přetvořené podmínkové rovnice pro vyrovnání přímého pořadu na tvar

$$\begin{aligned} -[\xi \cdot 2v_{\omega}] + U_{\eta} &= 0, \\ [v_{\xi}] + U_{\xi} &= 0, \\ [2v_{\omega}] &= 0, \end{aligned} \quad (3)$$

kde ${}^2v_{\omega_i}$ jsou druhé opravy měřených úhlů ω_i . Souřadnicové odchylky U_{η} , U_{ξ} (viz obr. 2) se nazývají příčnou a podélnou odchylkou polygonového pořadu. Příčná odchylka vzniká u pří-
mých pořadů prakticky jen vlivem chyb měřených úhlů ω_i a podélná odchylka je způsobena
chybami měřených délek. Z přetvořených podmínkových rovnic se sestaví normální rovnice ve
tvaru

$$\begin{aligned} q_{\omega} [s^2] K_1 + U_{\eta} &= 0, \\ q_s (n-1) K_2 + U_{\xi} &= 0, \\ q_{\omega} n K_3 &= 0, \end{aligned} \quad (4)$$

kde K_1, K_2, K_3 jsou koreláty a q_{ω}, q_s váhové koeficienty měřených úhlů a polygonových stran.

Z rovnic (4) se vypočtou neznámé koreláty

$$\begin{aligned} K_1 &= -\frac{U_{\eta}}{q_{\omega} [s^2]}, \\ K_2 &= -\frac{U_{\xi}}{q_s (n-1)}, \\ K_3 &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Opravy měřených úhlů a délek jsou dány výrazy

$$\begin{aligned} {}^2v_{\omega_i} &= -\rho \frac{\xi_i}{[s^2]} U_{\eta}, \\ v_{s_{i,i+1}} &= v_s = -\frac{U_{\xi}}{n-1}. \end{aligned} \quad (6)$$

Čebotarev dále zjednodušuje výpočet druhých oprav ${}^2v_{\omega_i}$ měřených úhlů pro polygono-
vé pořady s přibližně stejně dlouhými stranami s . Úpravou první rovnice (6) dostává vztah

$${}^2v_{\omega_i} = -\rho \frac{6(n-2i+1)}{n(n+1)} \frac{U_{\eta}}{[s]}. \quad (7)$$

Hodnoty zlomku

$$a_i = \frac{6(n-2i+1)}{n(n+1)} \quad (8)$$

tabulkují se podle i a n (viz tabulku 1 [5]). Tabulkovány jsou také hodnoty výrazu

$$b_i = \frac{6i(n-i)}{n(n+1)} \quad (9)$$

pro přímý výpočet oprav směrniců (viz tabulku 2 [5]) podle vztahu

$${}^2v_{\sigma_{i,i+1}} = -\rho \frac{6i(n-i)}{n(n+1)} \frac{U_{\eta}}{[s]}. \quad (10)$$

Opravy souřadnicových rozdílů se počítají z upravených diferenciálních rovnic (viz
např. [4])

$$\begin{aligned} v_{\Delta y_{i+1,i}} &= v_{s_{i,i+1}} \sin \sigma_{AB} + {}^2v_{\sigma_{i,i+1}} \frac{\Delta x_{i+1,i}}{\rho}, \\ v_{\Delta x_{i+1,i}} &= v_{s_{i,i+1}} \cos \sigma_{AB} - {}^2v_{\sigma_{i,i+1}} \frac{\Delta y_{i+1,i}}{\rho}, \end{aligned} \quad (11)$$

kde σ_{AB} je směrnic připojovacích bodů A, B polygonového pořadu a ${}^2v_{\sigma_{i,i+1}}$ jsou druhé opravy
směrniců vypočtené z oprav ${}^2v_{\omega_i}$.

Postup vyrovnání a výpočet oprav jsou uvedeny např. v pracích [4], [5]. Opravy úhlů ne-
bo směrniců jsou tabulkovány také v knize [3].

Tabulka 1. Pomocné koeficienty a_i k výpočtu druhých oprav úhlů ${}_2v_{\omega_i}$ pro oboustranně orientované pořady vyrovnávané přibližnou Čebotarevovou metodou

$n \backslash i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	+0,35	+0,30	+0,25	+0,20	+0,15	+0,10	+0,05	0,00	-0,05	-0,10	-0,15	-0,20	-0,25	-0,30	-0,35
14	+0,37	+0,31	+0,26	+0,20	+0,14	+0,09	+0,03	-0,03	-0,08	-0,14	-0,20	-0,26	-0,31	-0,37	
13	+0,40	+0,33	+0,26	+0,20	+0,13	+0,07	0,00	-0,07	-0,13	-0,20	-0,26	-0,33	-0,40		
12	+0,42	+0,35	+0,27	+0,19	+0,12	+0,04	-0,04	-0,12	-0,19	-0,27	-0,35	-0,42			
11	+0,45	+0,36	+0,27	+0,18	+0,09	0,00	-0,09	-0,18	-0,27	-0,36	-0,45				
10	+0,49	+0,38	+0,27	+0,16	+0,05	-0,05	-0,16	-0,27	-0,38	-0,49					
9	+0,53	+0,40	+0,27	+0,13	0,00	-0,13	-0,27	-0,40	-0,53						
8	+0,58	+0,41	+0,25	+0,08	+0,08	-0,25	-0,41	-0,58							
7	+0,64	+0,43	+0,21	0,00	-0,21	-0,43	-0,64								
6	+0,71	+0,43	+0,14	-0,14	-0,43	-0,71									
5	+0,80	+0,40	0,00	-0,40	-0,80										
4	+0,90	+0,30	-0,30	-0,90											
3	+1,00	0,00	-1,00												

Tabulka 2. Pomocné koeficienty b_i k výpočtu druhých oprav směrnic $v_{\sigma_{i,i+1}}$ pro oboustranně orientované pořady vyrovnávané přibližnou Čebotarevovou metodou

$n \backslash i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	0,35	0,65	0,90	1,10	1,25	1,35	1,40	1,40	1,35	1,25	1,10	0,90	0,65	0,35
14	0,37	0,69	0,94	1,14	1,29	1,37	1,40	1,37	1,29	1,14	0,94	0,69	0,37	
13	0,40	0,73	0,99	1,19	1,32	1,38	1,38	1,32	1,19	0,99	0,73	0,40		
12	0,42	0,73	1,04	1,23	1,35	1,38	1,35	1,23	1,04	0,77	0,42			
11	0,45	0,82	1,09	1,27	1,36	1,36	1,27	1,09	0,82	0,45				
10	0,49	0,87	1,14	1,31	1,36	1,31	1,14	0,87	0,49					
9	0,53	0,93	1,20	1,33	1,33	1,20	0,93	0,53						
8	0,58	1,00	1,25	1,33	1,25	1,00	0,58							
7	0,64	1,07	1,29	1,29	1,07	0,64								
6	0,71	1,14	1,29	1,14	0,71									
5	0,80	1,20	1,20	0,80										
4	0,90	1,20	0,90											
3	1,00	1,00												

Použijeme-li Čebotarevova přibližného způsobu vyrovnání v pořadích zaměřovaných pro potřeby vojsk, kde je možno počítat s větší přesností měřených polygonových úhlů než s odpovídající přesností měřených délek, slouží druhé opravy měřených úhlů (v_{ω_i}) a druhé opravy směrnic ($v_{\sigma_{i,i+1}}$) jen k výpočtu vyrovnaných souřadnic polygonových bodů. Uvedené druhé opravy se nemají používat k další opravě směrnic polygonových stran.

Výpočet s použitím tabulek je rychlý; není však vhodný pro vyrovnání zalomených pořadů a pro přímé pořady s různě dlouhými stranami, protože není splněn teoretický předpoklad pro výpočet oprav podle vzorců (7) a (10). V těchto případech nebudou obvykle souřadnicové odchylky U_{η} a U_{ξ} beze zbytku vyrovnány.

γ) Tuto nevýhodu Čebotarevovy metody odstranil u přibližného způsobu vyrovnání Tamutis, který v r. 1958 uveřejnil další úpravu vyrovnání [6]. Úprava je v podstatě doplněním a zlepšením číselného výpočtu Čebotarevovy metody. Tamutis nepočítá druhé opravy úhlů (směrnic) a délek, ale hledá přímo opravy souřadnicových rozdílů podle vzorců

$$\begin{aligned} v_{\Delta y_{i+1,i}} &= -\frac{U_{\xi}}{n-1} \sin \sigma_{AB} - c_i U_{\eta} \cos \sigma_{AB}, \\ v_{\Delta x_{i+1,i}} &= -\frac{U_{\xi}}{n-1} \cos \sigma_{AB} + c_i U_{\eta} \sin \sigma_{AB}. \end{aligned} \quad (12)$$

V rovnicích oprav je koeficient c_i dán vztahem

$$c_i = \frac{6(n-i)i}{(n-1)n(n+1)} \quad (13)$$

a je opět tabulkován podle n (viz tabulku 3 [6]).

Tamutisova úprava vyrovnání je ve srovnání s Čebotarevovou metodou snadnější a rychlejší. Uvedenou úpravou dosáhneme úplného vyrovnání souřadnicových odchylek i u pořadů zalomených. Vyrovnání však odpovídá přesně metodě nejmenších čtverců jen pro přímé pořady se stejně dlouhými stranami.

δ) Tamutisovu přibližnou metodu je možno ještě dále upravit a lze počítat přímo opravy přibližných souřadnic y_i a x_i podle rovnic

$$v_{y_i} = -\frac{i-1}{n-1} U_{\xi} \sin \sigma_{AB} - k_i U_{\eta} \cos \sigma_{AB}, \quad (14)$$

$$v_{x_i} = -\frac{i-1}{n-1} U_{\xi} \cos \sigma_{AB} + k_i U_{\eta} \sin \sigma_{AB}.$$

Pomocné koeficienty k_i jsou dány zlomkem

$$k_i = \frac{i(i-1)(3n-2i+1)}{(n-1)n(n+1)}, \quad (15)$$

kde n značí opět počet polygonových bodů a i je pořadové číslo polygonového bodu (viz obr. 1). Koeficienty k_i jsou uvedeny v tabulce 4. Také při přímém výpočtu oprav souřadnic polygonových bodů podle rovnic (14) jsou souřadnicové odchylky vyrovnány beze zbytku.

b) Pro vyrovnání jednostranně orientovaných pořadů můžeme použít podobných přibližných metod jako u oboustranně orientovaných pořadů. U jednostranně orien-

tovaných pořadů odpadá vyrovnání úhlové odchylky, tj. výpočet oprav v_{ω} . Pro geodetické práce u vojsk je vhodné opět rozdělit vyrovnání na úhlové a souřadnicové.

Z daného připojovacího směrníku σ_{AP} a měřených vrcholových úhlů ω , vypočteme nejprve konečné hodnoty směrníků polygonových stran. Metody vyrovnání souřadnic polygonových bodů, popsané v dalším textu, jsou shodné se způsoby vyrovnání, uvedenými pro oboustranně orientovaný pořad.

Tabulka 3. Pomocné koeficienty c_i k výpočtu oprav souřadnicových rozdílů $v_{\Delta y_{i+1,i}}$, $v_{\Delta x_{i+1,i}}$ pro oboustranně orientované pořady vyrovnávané přibližnou Tamutisovou metodou

n \ i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	0,02	0,05	0,07	0,07	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,07	0,07	0,05	0,02
14	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,09	0,07	0,05	0,03	
13	0,03	0,06	0,09	0,09	0,11	0,12	0,12	0,11	0,09	0,09	0,06	0,03		
12	0,04	0,07	0,09	0,11	0,13	0,12	0,13	0,11	0,09	0,07	0,04			
11	0,05	0,08	0,11	0,12	0,14	0,14	0,12	0,11	0,08	0,05				
10	0,05	0,10	0,13	0,14	0,16	0,14	0,13	0,10	0,05					
9	0,07	0,11	0,15	0,17	0,17	0,15	0,11	0,07						
8	0,08	0,15	0,17	0,20	0,17	0,15	0,08							
7	0,11	0,18	0,21	0,21	0,18	0,11								
6	0,14	0,23	0,26	0,23	0,14									
5	0,20	0,30	0,30	0,20										
4	0,30	0,40	0,30											
3	0,50	0,50												

a) Souřadnicové odchylky U_1, U_2 je možno nejrychleji rozdělit, stejně jako u oboustranně orientovaného pořadu, rovnoměrně na všechny polygonové body podle rovnic (2).

β) Pro jednostranně orientované pořady, v nichž jsou souřadnicové odchylky větší než $1/4 - 1/3$ dovolených odchylek, je vhodné aplikovat Čebotarevovu úpravu přibližných vyrovnání, vycházející z metody nejmenších čtverců a platící přesně pro přímé pořady se stejně dlouhými stranami.

Přetvořené podmínkové rovnice pro přímý jednostranně orientovaný pořad se stejně dlouhými stranami s , ležící ve směru pomocné osy ξ a vyrovnávaný metodou nejmenších čtverců, mají tvar [4]

$$\begin{aligned}
 - \sum_{i=1}^{n-1} s(n-i) v_{\omega_i} + U_{\eta} &= 0, \\
 \sum_{i=1}^{n-1} v_{s_{i,i+1}} + U_{\xi} &= 0,
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

Symbole v rovnici (16) jsou shodné se symbole v rovnicích (1), (3) a (6).

Z přetvořených podmínkových rovnic se sestaví normální rovnice

$$q_{\omega} s^2 \frac{2n^3 - 3n^2 + n}{6} K_1 + U_{\eta} = 0, \quad (17)$$

$$q_{\omega} (n-1) K_2 + U_{\xi} = 0.$$

Tabulka 4. Pomocné koeficienty k_i k výpočtu oprav souřadnic v_{y_i} , v_{x_i} pro oboustranně orientované pořady vyrovnávané upravenou Tamutisovou metodou

n \ i	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	0,02	0,07	0,14	0,21	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,79	0,86	0,93	0,98	1,00
14	0,03	0,08	0,15	0,24	0,34	0,45	0,55	0,66	0,76	0,85	0,92	0,97	1,00	
13	0,03	0,09	0,18	0,27	0,38	0,50	0,62	0,73	0,82	0,91	0,97	1,00		
12	0,04	0,11	0,20	0,31	0,44	0,58	0,69	0,80	0,89	0,96	1,00			
11	0,05	0,13	0,24	0,36	0,50	0,64	0,76	0,87	0,95	1,00				
10	0,05	0,15	0,28	0,42	0,58	0,72	0,85	0,95	1,00					
9	0,07	0,18	0,33	0,50	0,67	0,82	0,93	1,00						
8	0,08	0,23	0,40	0,60	0,77	0,92	1,00							
7	0,11	0,29	0,50	0,71	0,89	1,00								
6	0,14	0,37	0,63	0,86	1,00									
5	0,20	0,50	0,80	1,00										
4	0,30	0,70	1,00											
3	0,50	1,00												

Koreláty K_1 , K_2 se vypočítají z výrazů

$$K_1 = - \frac{U_{\eta} 6}{q s^2 (2n^3 - 3n^2 + n)}, \quad (18)$$

$$K_2 = - \frac{U_{\xi}}{q_{\omega} (n-1)}.$$

Opravy měřených délek a úhlů jsou dány rovnicemi

$$v_{\omega_i} = - \rho \frac{6(n-i)}{n(2n-1)} \frac{U_{\eta}}{[s]}, \quad (19)$$

$$v_{s_{i,i+1}} = - \frac{U_{\xi}}{n-1}.$$

Hodnoty zlomku

$$a_i = \frac{6(n-i)}{n(2n-1)} \quad (20)$$

pro různé polygonové body i a pro různý počet polygonových bodů n jsou uvedeny v tabulce 5.

Opravy směrniců polygonových stran $v_{\sigma_{i,i+1}}$, sloužící pouze k výpočtu oprav souřadnicových rozdílů polygonových bodů, se vypočítají ze vztahu

$$v_{\sigma_{i,i+1}} = -\rho \frac{3i(2n-i-1)}{n(2n-1)} \frac{U_{\eta}}{[s]} \quad (21)$$

Tabulka 5. Pomocné koeficienty a_i k výpočtu oprav úhlů v_{ω_i} pro jednostranně orientované pořady vyrovnávané přibližnou Čebotarevovou metodou.

n \ i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	0,19	0,18	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,08	0,07	0,06	0,04	0,03	0,01
14	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,08	0,06	0,05	0,03	0,02	
13	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09	0,07	0,06	0,04	0,02		
12	0,24	0,22	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09	0,07	0,04	0,02			
11	0,26	0,23	0,21	0,18	0,16	0,13	0,10	0,08	0,05	0,03				
10	0,28	0,25	0,22	0,19	0,16	0,13	0,09	0,06	0,03					
9	0,31	0,27	0,24	0,20	0,16	0,12	0,08	0,04						
8	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05							
7	0,40	0,33	0,26	0,20	0,13	0,07								
6	0,45	0,36	0,27	0,18	0,09									
5	0,53	0,40	0,27	0,13										
4	0,64	0,43	0,21											
3	0,80	0,40												

K výpočtu oprav směrniců $v_{\sigma_{i,i+1}}$ slouží tabulka 6 pomocných koeficientů

$$b_i = \frac{3i(2n-i-1)}{n(2n-1)} \quad (22)$$

Opravy souřadnicových rozdílů $v_{\Delta y_{i+1,i}}$, $v_{\Delta x_{i+1,i}}$ jsou dány rovnicemi (11), kde druhé opravy směrniců $2v_{\sigma_{i,i+1}}$ polygonových stran nahradíme opravami $v_{\sigma_{i,i+1}}$.

γ) Pro praktické vyrovnání je vhodnější Tamutisova úprava přibližného vyrovnání aplikovaná pro jednostranně orientovaný pořad. Opravy souřadnicových rozdílů se vypočítají z rovnic (12), kde koeficienty c_i jsou dány vztahem

$$c_i = \frac{3i(2n-i-1)}{(n-1)n(2n-1)} \quad (23)$$

Pomocné koeficienty jsou uvedeny v tabulce 7.

δ) Aplikace Tamutisovy úpravy vyrovnání na jednostranně orientovaný pořad umožňuje úplné vyrovnání souřadnicových odchylek i pro zalomené pořady a pro přímé pořady s rozdílnými délkami polygonových stran. Vyrovnání je možno opět upravit pro výpočet oprav sou-

řadnic polygonových bodů podle vzorců (14). Pomocné koeficienty k_i jsou dány pro jednostranně orientovaný pořad vztahem

$$k_i = \frac{i(i-1)(3n-i-1)}{(n-1)n(2n-1)} \quad (24)$$

Koeficienty k_i jsou vypočteny v tabulce 8. Poslední úprava vyrovnání podle rovnic (14) a (24) je snadná a rychlá.

Tabulka 6. Pomocné koeficienty b_i k výpočtu oprav směrnic $v_{a,i+1}$ pro jednostranně orientované pořady vyrovnávané přibližnou Čebotarevovou metodou

n \ i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	0,19	0,37	0,54	0,69	0,83	0,95	1,06	1,16	1,24	1,31	1,37	1,41	1,43	1,45
14	0,21	0,40	0,57	0,73	0,87	1,00	1,11	1,21	1,29	1,35	1,40	1,43	1,44	
13	0,22	0,42	0,61	0,78	0,92	1,05	1,16	1,26	1,33	1,38	1,42	1,44		
12	0,24	0,46	0,65	0,83	0,98	1,11	1,22	1,30	1,37	1,41	1,43			
11	0,26	0,49	0,70	0,88	1,04	1,17	1,27	1,35	1,40	1,43				
10	0,28	0,54	0,76	0,95	1,11	1,23	1,33	1,39	1,42					
9	0,31	0,59	0,82	1,02	1,18	1,29	1,37	1,41						
8	0,35	0,65	0,90	1,10	1,25	1,35	1,40							
7	0,40	0,73	0,99	1,19	1,32	1,38								
6	0,45	0,82	1,09	1,27	1,36									
5	0,53	0,93	1,20	1,33										
4	0,64	1,07	1,29											
3	0,80	1,20												

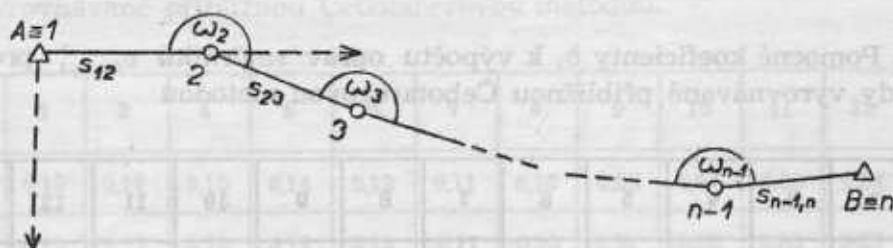
c) Vetknuté polygonové pořady se používají v praxi zřídka, protože u tohoto druhu pořadů se měří jen jedna nadbytečná veličina, která neposkytuje dostatečnou kontrolu k zjištění měřických nebo jiných chyb. Vetknuté pořady mohou někdy mít značný význam v geodetickém zabezpečení vojsk. Je-li v prostoru měření jen malý počet geodetických bodů a není-li možno orientovat pořad pomocí směrů měřených na okolní body sítě (na orientační body), nebo použít astronomické orientace (gyrotheodolitu), musíme polygonové strany orientovat pomocí spojnice připojovacích bodů vetknutého pořadu. V takovém případě stoupají značně nároky na dodržení vysoké přesnosti jak měření vrcholových úhlů, tak měření délek rádiovými nebo světelnými dálkoměry, není-li pořad přibližně přímý.

a) Výpočet a vyrovnání vetknutých pořadů se nejčastěji provádí podobnostní transformací souřadnic. Nejprve vypočteme přibližné souřadnice polygonových bodů v pomocné souřadnicové soustavě η, ξ (viz obr. 3). Vyrovnané souřadnice v dané souřadnicové soustavě vypočteme transformací souřadnic z rovnic

$$\begin{aligned} y_i &= y_i + a \cdot \Delta \xi_{i1} + b \cdot \Delta \eta_{i1}, \\ x_i &= x_i - a \cdot \Delta \eta_{i1} + b \cdot \Delta \xi_{i1}, \end{aligned} \quad (25)$$

kde y_i, x_i jsou vyrovnané souřadnice polygonových bodů, $\Delta\xi_{i-1} (= \xi_i - \xi_{i-1})$, $\Delta\eta_{i-1} (= \eta_i - \eta_{i-1})$ jsou souřadnicové rozdíly vypočtené v pomocné souřadnicové soustavě η, ξ a a, b jsou koeficienty podobnostní transformace dané výrazy

$$a = \frac{s_{AB}}{s'_{AB}} \sin \Psi, \quad b = \frac{s_{AB}}{s'_{AB}} \cos \Psi, \quad (26)$$



Obr. 3.

Tabulka 7. Pomocné koeficienty c_i k výpočtu oprav souřadnicových rozdílů $v_{\Delta y_{i+1,1}}$, $v_{\Delta x_{i+1,1}}$ pro jednostranně orientované pořady vyrovnávané přibližnou Tamutisovou metodou

n \ i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10
14	0,02	0,03	0,04	0,06	0,06	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0
13	0,02	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0
12	0,02	0,04	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0
11	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0
10	0,03	0,06	0,08	0,11	0,12	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0
9	0,04	0,07	0,10	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0

8	0,05	0,09	0,13	0,16	0,18	0,19	0,20
7	0,07	0,12	0,16	0,20	0,22	0,23	
6	0,09	0,16	0,22	0,25	0,28		
5	0,13	0,24	0,30	0,33			
4	0,21	0,36	0,43				
3	0,40	0,60					

V rovnicích (26) značí s_{AB} vzdálenost daných připojovacích bodů A, B (viz obr. 3), s'_{AB} odpovídající vzdálenost, vypočtenou z přibližných souřadnic v pomocné souřadnicové soustavě η, ξ a Ψ je úhel, který spolu svírají souřadnicové osy obou soustav. Úhel pootočení Ψ se vypočte jako rozdíl směrnic σ_{AB} připojovacích bodů v dané souřadnicové soustavě y, x a odpovídajícího směrnicu α_{AB} v pomocné souřadnicové soustavě η, ξ .

β) Podobnostní transformace vystihuje velmi dobře vyrovnání takových pořadů, u kterých střední chyby měřených délek jsou úměrné jejich velikosti. Pro vetknuté pořady s různě dlouhými polygonovými stranami měřenými rádiovými a světelnými dálkoměry jsou však střední chyby měřených délek prakticky konstantní. Pak podobnostní transformace obvykle neodpovídá vyrovnání metodou nejmenších čtverců. Uvedené transformace je možno použít pro

Tabulka 8. Pomocné koeficienty k_i k výpočtu oprav souřadnic v_{y_i}, v_{x_i} pro jednostranně orientované pořady, vyrovnávané upravenou Tamutisovou metodou

i \ n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	0,01	0,04	0,08	0,13	0,19	0,26	0,33	0,41	0,50	0,60	0,69	0,79	0,90	1,00
14	0,02	0,05	0,09	0,15	0,21	0,29	0,38	0,47	0,57	0,67	0,78	0,89	1,00	
13	0,02	0,05	0,10	0,17	0,25	0,33	0,43	0,54	0,65	0,76	0,88	1,00		
12	0,02	0,06	0,12	0,20	0,29	0,39	0,50	0,62	0,74	0,87	1,00			
11	0,03	0,08	0,15	0,23	0,34	0,45	0,58	0,72	0,86	1,00				
10	0,03	0,09	0,18	0,28	0,40	0,54	0,69	0,84	1,00					
9	0,04	0,11	0,22	0,34	0,49	0,65	0,82	1,00						
8	0,05	0,14	0,27	0,43	0,61	0,80	1,00							
7	0,07	0,19	0,35	0,55	0,77	1,00								
6	0,09	0,25	0,47	0,72	1,00									
5	0,13	0,37	0,67	1,00										
4	0,21	0,57	1,00											
3	0,40	1,00												

pořady s malými délkovými odchylkami $\Delta s (= s'_{AB} - s_{AB})$ nebo pro pořady s přibližně stejně dlouhými stranami. Pro pořady s nestejně dlouhými stranami a s většími délkovými odchylkami vyhovují lépe jiné přibližné úpravy vyrovnání. Vyrovnání těchto pořadů je vhodné rozdělit opět na výpočet vyrovnaných směrniců, u nichž je třeba dosáhnout vyšší přesnosti, a na výpočet vyrovnaných souřadnic.

Vyrovnané směrnice $\sigma_{i,i+1}$ polygonových stran $s_{i,i+1}$ vypočteme z rovnice

$$\sigma_{i,i+1} = \alpha_{i,i+1} + \Psi, \quad (27)$$

kde $\alpha_{i,i+1}$ jsou směrnice polygonových stran v pomocné souřadnicové soustavě η, ξ .

Délkovou odchylku Δs rozdělíme v přibližném způsobu vyrovnání rovnoměrně na jednotlivé souřadnicové rozdíly podle vzorců

$$\begin{aligned} \Delta \eta'_{i1} &= \Delta \eta_{i1} - \frac{i-1}{n-1} \Delta s \cdot \sin \alpha_{AB}, \\ \Delta \xi'_{i1} &= \Delta \xi_{i1} - \frac{i-1}{n-1} \Delta s \cdot \cos \alpha_{AB}, \end{aligned} \quad (28)$$

kde $\Delta \eta'_{i1}, \Delta \xi'_{i1}$ jsou vyrovnané souřadnicové rozdíly v pomocné souřadnicové soustavě. Vyrovnané souřadnice polygonových bodů vypočteme opět podle transformačních rovnic (25).

Přehled o dosažené teoretické přesnosti vyrovnaných směrniců polygonových stran dává tabulka 9 pomocných koeficientů $k_{\sigma_{i,i+1}}$ pro výpočet středních chyb $M_{\sigma_{i,i+1}}$ směrniců polygonových stran podle vztahu

$$M_{\sigma_{i,i+1}} = \pm m_w k_{\sigma_{i,i+1}}, \quad (29)$$

kde m_w je střední chyba měřených úhlů. Z tabulky je zřejmé, že maximální střední chyby mají směrniců polygonových stran, které leží blízko připojovacích bodů A, B. Nejmenší střední chyby vykazují směrniců prostředních polygonových stran.

Tabulka 9. Pomocné koeficienty $k_{\sigma_{i,i+1}}$ pro výpočet středních chyb směrniců $M_{\sigma_{i,i+1}}$ vetknutého polygonového pořadu

$\begin{matrix} i \\ n \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	2,04	1,82	1,61	1,43	1,27	1,15	1,09	1,09	1,15	1,27	1,43	1,61	1,82	2,04
14	1,96	1,73	1,52	1,33	1,18	1,07	1,04	1,07	1,10	1,33	1,52	1,73	1,96	
13	1,87	1,64	1,42	1,23	1,09	1,01	1,01	1,09	1,23	1,42	1,64	1,87		
12	1,78	1,54	1,31	1,08	1,00	0,95	1,00	1,08	1,31	1,54	1,78			
11	1,69	1,43	1,20	1,02	0,92	0,92	1,02	1,20	1,43	1,69				
10	1,59	1,32	1,09	0,92	0,86	0,92	1,09	1,32	1,59					
9	1,48	1,20	0,97	0,83	0,83	0,97	1,20	1,48						
8	1,36	1,07	0,85	0,76	0,85	1,07	1,36							
7	1,24	0,93	0,73	0,73	0,93	1,24								
6	1,10	0,77	0,63	0,77	1,10									
5	0,94	0,61	0,61	0,94										
4	0,75	0,47	0,75											
3	0,50	0,50												

3. Polygonové pořady s dalšími nadbytečně měřenými veličinami

Nevýhodou polygonových pořadů je malý počet nadbytečně měřených veličin vzhledem k počtu zaměřovaných bodů. Tato skutečnost nepříznivě ovlivňuje přesnost a spolehlivost vyrovnaných souřadnic polygonových bodů. Počet nadbytečně měřených veličin je možno zvýšit na území, kde byla vybudována síť geodetických bodů, měřením dalších prvků, které většinou souvisejí s okolními body sítě. K zvýšení počtu nadbytečných veličin je vhodné použít těchto čtyř druhů veličin:

měření vnitřních orientačních směrů, tj. směrů z některých polygonových bodů na okolní geodetické body;

měření vnějších orientačních směrů, tj. směrů z okolních geodetických bodů na některé polygonové body;

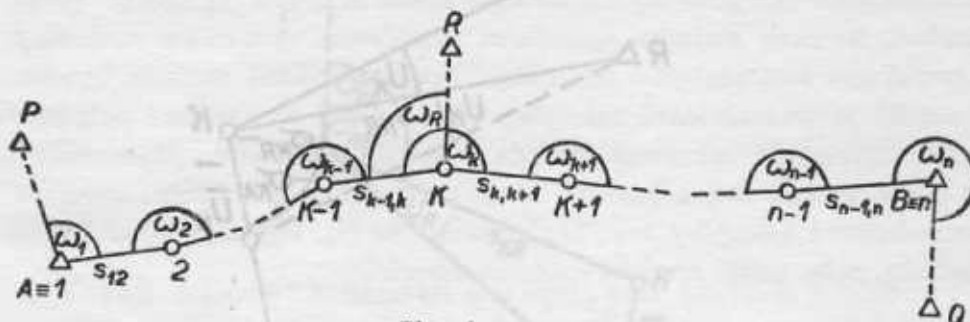
měření délek mezi některými polygonovými body a okolními geodetickými body;

určení orientace některých polygonových stran (astronomicky nebo pomocí gyrotheodolitu).

Měření dalších nadbytečných prvků v pořadech, používaných v geodetických pracích u vojsk, má především kontrolní význam. Měření uvedených veličin na některých polygono-

vých bodech nebo na některé polygonové body může sloužit nejen ke zjištění hrubé chyby nebo omylu v měřených úhlech a délkách, ale také k ověření spolehlivosti připojovacích orientačních bodů.

a) Měření vnitřních orientačních směrů na okolní trigonometrické nebo jiné geodetické body je z praktického hlediska nejsnadnější (viz obr. 4). Nezvyšuje se počet stanovisek k měření polygonových úhlů a zvýšení počtu měřených směrů na vhodných polygonových bodech má nepatrný vliv na prodloužení měřických prací. Vnitřní orientační směry, které



Obr. 4.

budou obvykle kolmé k pořadu, nebo budou s jejich směrem svírat úhel v rozmezí $60^\circ - 120^\circ$, kontrolují především polohu polygonových bodů ve směru polygonového pořadu. Měření vnitřních směrů je možno sledovat hromadění chyb v měřených délkách, předpokládáme-li pořady přibližně přímé nebo málo zakřivené. Směrník vnitřního orientačního směru σ_{KR} vypočtený z připojovacího směrníku σ_{AP} a měřených vrcholových úhlů ω_i se má shodovat se směrníkem σ'_{KR} , vypočteným z přibližných souřadnic polygonového bodu K a daných souřadnic trigonometrického bodu R (viz [4]). Jestliže odchylka $U_K = \sigma'_{KR} - \sigma_{KR}$ bude v dovolených mezích, můžeme ji vyrovnat úměrně na všechny dosud měřené polygonové strany od výchozího bodu A nebo od předcházejícího bodu s měřeným vnitřním směrem. Úhlovou odchylku U_K musíme však nejdříve převést na délkovou míru podle vztahu

$$\bar{U}_K = \frac{1}{e} \frac{s_{KR} U_K}{\sin(\sigma_{KR} - \sigma_{KA})} \quad (30)$$

\bar{U}_K značí odchylku převedenou na délkovou míru, s_{KR} přibližnou vzdálenost mezi body K, R a σ_{KR}, σ_{KA} směrníky spojnic KR, KA (viz obr. 5). Odchylku \bar{U}_K rozdělíme podobným způsobem jako souřadnicové odchylky U_1 a U_2 u oboustranně a jednostranně orientovaného pořadu. Opravené souřadnice polygonových bodů i vypočteme podle rovnice

$$y_i = y'_i + \frac{i-1}{k-1} \bar{U}_K \sin \sigma_{KA} \quad (31)$$

$$x_i = x'_i + \frac{i-1}{k-1} \bar{U}_K \cos \sigma_{KA}$$

Je-li v pořadu měřeno více vnitřních orientačních směrů, pak je nutno místo směrníku σ_{KA} použít směrníku spojnice bodu, na němž je vnitřní směr měřen, s předcházejícím bodem s měřeným vnitřním orientačním směrem. Opravené souřadnice polygonových bodů i , např. pro $k < i \leq l$, jsou dány podobnými rovnicemi

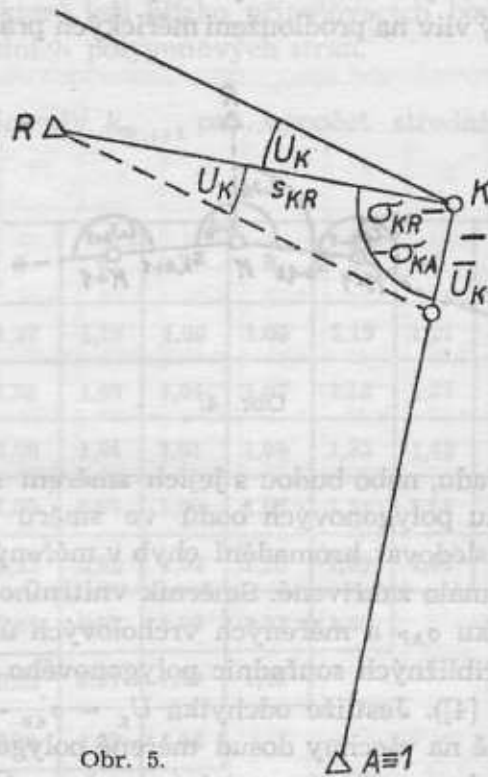
$$y_i = y'_i + \frac{i-k}{l-k} \bar{U}_L \sin \sigma_{LK} \quad (32)$$

$$x_i = x'_i + \frac{i-k}{l-k} \bar{U}_L \cos \sigma_{LK}$$

Souřadnicové odchylky U_1, U_2 , vypočtené jako rozdíl přibližných souřadnic bodu B' (y'_B, x'_B) a daných souřadnic připojovacího bodu B (y_B, x_B) rozdělíme podle vzorců (2) na přibližné souřadnice polygonových bodů v posledním úseku pořadu.

b) Lepší kontrolu správnosti měřených délek poskytují tzv. vnější orientované směry, které jsou měřeny z okolních geodetických bodů na některé polygonové body (viz obr. 6). Opravy polygonových stran vypočteme z délkové odchylky \bar{U}_K dané vzorcem

$$\bar{U}_R = \frac{1}{\rho} \frac{s_{KR} U_R}{\sin(\sigma_{KR} - \sigma_{KA})} \quad (33)$$



Obr. 5.



Obr. 6.

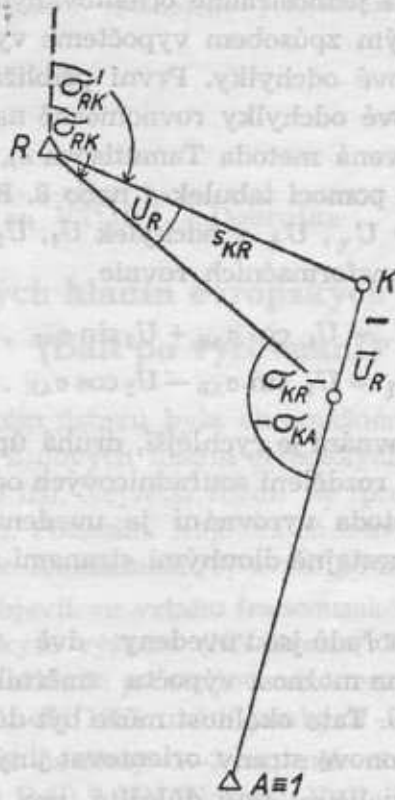
V rovnici jsou stejné symboly jako ve vztahu (31), jen U_R značí úhlovou odchylku (viz obr. 7) danou rozdílem $U_R = \sigma'_{RK} - \sigma_{RK}$. Odchylku tedy vypočteme jako rozdíl směrníku σ'_{RK} , určenou z přibližných souřadnic bodu K a souřadnic trigonometrického bodu R a směrníku σ_{RK} vnějšího orientovaného směru.

Odchylku \bar{U}_R rozdělíme rovnoměrně na všechny polygonové body i ($1 < i \leq k$) podle vzorců

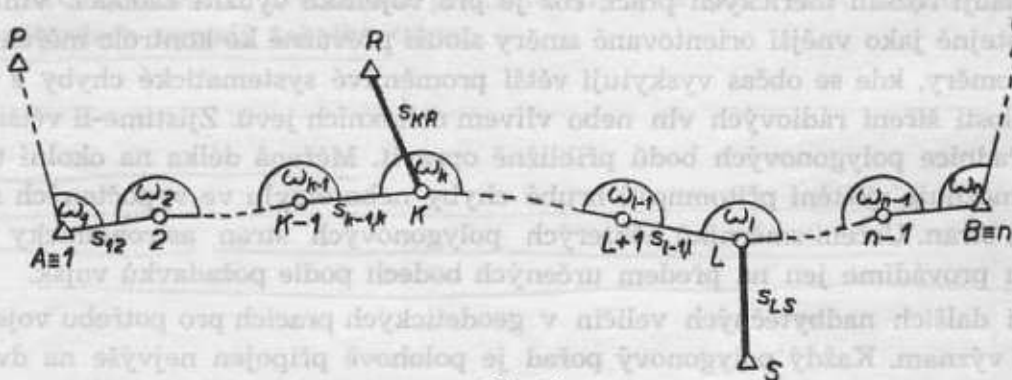
$$\begin{aligned} y_i &= y'_i + \frac{i-k}{k-1} \bar{U}_R \sin \sigma_{KA}, \\ x_i &= x'_i + \frac{i-1}{k-1} \bar{U}_R \cos \sigma_{KA}. \end{aligned} \quad (34)$$

V pořadích s dalšími vnějšími orientovanými směry postupujeme při vyrovnání délkových odchylek stejným způsobem jako v pořadích s vnitřními orientačními směry.

c) Délky s_{KR} , s_{LS} měřené mezi polygonovými body K , L a geodetickými body R , S (viz obr. 8) slouží převážně ke kontrole směrniců polygonových stran. Chyby ve směrnících $\sigma_{k-1,k}$, $\sigma_{l-1,l}$ polygonových stran $s_{k-1,k}$, $s_{l-1,l}$ se projeví u přibližně přímých pořadů, nebo u pořadů málo zakřivených, velkými odchylkami U_{KR} , U_{LS} , určenými jako rozdíly délek s'_{KR} , s'_{LS} (vypočtených z přibližných souřadnic polygonových bodů K , L a souřadnic trigonometrických bodů R , S) a měřených délek s_{KR} , s_{LS} . V tomto případě nemůžeme opravovat směrníky polygonových stran, pokud nezjistíme příčinu chybné orientace.



Obr. 7.



Obr. 8.

d) Astronomická orientace některé polygonové strany, stejně jako jejich orientace pomocí gyrotheodolitu, má význam jen pro určení směrniců polygonových stran, a proto je pro geodetické zabezpečení vojsk velmi důležitá. Nevýhodou astronomické orientace je její omezené použití, převážně v noci a za dobré viditelnosti.

4. Závěr

Studie některých otázek přesné polygonometrie se v článku týká převážně využití pořadů s délkami měřenými rádiovými nebo světelnými dálkoměry v geodetickém zabezpečení vojsk.

V přehledu přibližných úprav vhodných k vyrovnání pořadů se klade důraz na oddělené vyrovnání směrnic polygonových stran a souřadnic polygonových bodů. Rozdělené vyrovnání vystihuje do značné míry účel pořadů přesné polygonometrie v geodetických pracích u vojsk, kde se klade důraz na větší přesnost určení směrnic polygonových stran, než souřadnic polygonových bodů. Proto je třeba věnovat měření vrcholových úhlů největší pečlivost. Oddělené vyrovnání má tu výhodu, že směrníky polygonových stran nejsou deformovány chybami měřených délek.

Pro vyrovnání oboustranně a jednostranně orientovaných pořadů je vhodné použít dvou přibližných metod. Nejprve stejným způsobem vypočteme vyrovnané směrníky polygonových stran a pak rozdělíme souřadnicové odchylky. První přibližná metoda vyrovnání α) je nejjednodušší a rozděljuje souřadnicové odchylky rovnoměrně na všechny polygonové body. Druhý doporučovaný způsob je upravená metoda Tamutisova δ), kdy vyrovnané souřadnice vypočítáme přímo podle vzorců (14) a pomocí tabulek 4 nebo 8. K výpočtu nejdříve určíme transformované souřadnicové odchylky U_η , U_ξ z odchylek U_1 , U_2 , např. graficky na schématu polygonového pořadu, nebo podle transformačních rovnic

$$\begin{aligned} U_\eta &= U_1 \cos \sigma_{AB} + U_2 \sin \sigma_{AB} , \\ U_\xi &= U_1 \sin \sigma_{AB} - U_2 \cos \sigma_{AB} . \end{aligned} \quad (33)$$

První přibližný způsob vyrovnání je rychlejší, druhá úprava však odpovídá metodě nejmenších čtverců a poskytuje lepší rozdělení souřadnicových odchylek.

Cebotarevova přibližná metoda vyrovnání je uvedena jen pro odvození Tamutisovy úpravy. Pro vyrovnání pořadů s nesterjně dlouhými stranami a nepřímých pořadů není z praktických důvodů vhodná.

Pro vyrovnání vetknutých pořadů jsou uvedeny dvě úpravy přibližného vyrovnání. U vetknutých pořadů je zdůrazněna možnost výpočtu směrnic polygonových stran pomocí směrníku připojovacích bodů A , B . Tato okolnost může být důležitá pro určení orientace v těch případech, kdy není možno polygonové strany orientovat jinými známými způsoby.

Další nadbytečně měřené veličiny jsou důležité pro kontrolu polygonových pořadů. Nejvýhodnějšími kontrolními veličinami jsou tzv. vnitřní orientační směry, které prakticky nepatrně zvětšují rozsah měřických prací, což je pro vojenské využití žádoucí. Vnitřní orientační směry stejně jako vnější orientované směry slouží převážně ke kontrole měření délek rádiovými dálkoměry, kde se občas vyskytují větší proměnlivé systematické chyby z nesprávné znalosti rychlosti šíření rádiových vln nebo vlivem reflexních jevů. Zjistíme-li větší odchylku, můžeme souřadnice polygonových bodů přibližně opravit. Měřená délka na okolní trigonometrický bod umožňuje zjištění přítomnosti hrubé chyby nebo omylu ve vypočtených směrnících polygonových stran. Určení směrnic některých polygonových stran astronomicky nebo gyrotheodolitem provádíme jen na předem určených bodech podle požadavků vojsk.

Měření dalších nadbytečných veličin v geodetických pracích pro potřebu vojsk má ještě jiný důležitý význam. Každý polygonový pořad je polohově připojen nejvýše na dva trigonometrické nebo geodetické body. Kdyby byla porušena u některého bodu stabilizace nebo se stal omyl při jeho identifikaci, mohlo by buď dojít k velkým nepřipustným odchylkám ve směrnících polygonových stran a v souřadnicích polygonových bodů, nebo by určení polygonových bodů nebylo vůbec možné. Z těchto důvodů je metodicky správné měření jedné až dvou dalších nadbytečných veličin, které u každého pořadu ověří spolehlivost měřených veličin i připojovacích a orientačních bodů.

Polygonometrii je třeba chápat jako jednu z metod používaných k zhušťování geodetických sítí pro potřeby vojsk. Dalšími výhodnými metodami jsou např. trojúhelníková síť, postupné protínání vpřed, Durněvova metoda apod. Tyto metody byly publikovány v četných časopisech a monografiích.

Literatura:

- [1] Čebotarev A. S.: Uravnitelnyje vyčislenija pri polygometričeskich rabotach. Moskva 1934.
- [2] Eggert O.: Die Ausgleichung von Polygonzügen nach der Methode der kleinsten Quadrate. Zeitschrift für Vermessungswesen 1928, č. 21.
- [3] Elznic V., Valouch M.: GEOMA 400g. Bratislava 1957.
- [4] Nevosád Z.: Vyrovnání a rozbor přesnosti polygonových pořadů se stranami, měřenými rádiovými a světelnými dálkoměry. Kandidátská disertační práce Brno 1964.
- [5] Sejn D.: Gorodskaja poligonometrija. Moskva 1952.
- [6] Tamutis Z. P.: Ob urovnešivanii vyfanutogo poligonometričeskogo choda. Geodezija i kartografija 1958, č. 10.

Technik nadporučík Leiner Jan VTOPÚ - Dobruška

Vztah nulových hladin evropských států k ČSSR (Balt po vyrovnání)

Ve Vojenském topografickém ústavu byla shromážděna dostupná novější literatura zabývající se vzájemným vztahem nulových hladin evropských států. Údaje uveřejněné v jednotlivých pramenech se však značně liší. Největší rozdíl se projevil ve vztahu nulové hladiny Švýcarska k německé NN (Berlin, Potsdam. Nejstarších z uvedených materiálů [1] uvádí rozdíl -357 cm, zatímco finský profesor Kukkamäki [6] uvádí pouhých -9 cm.

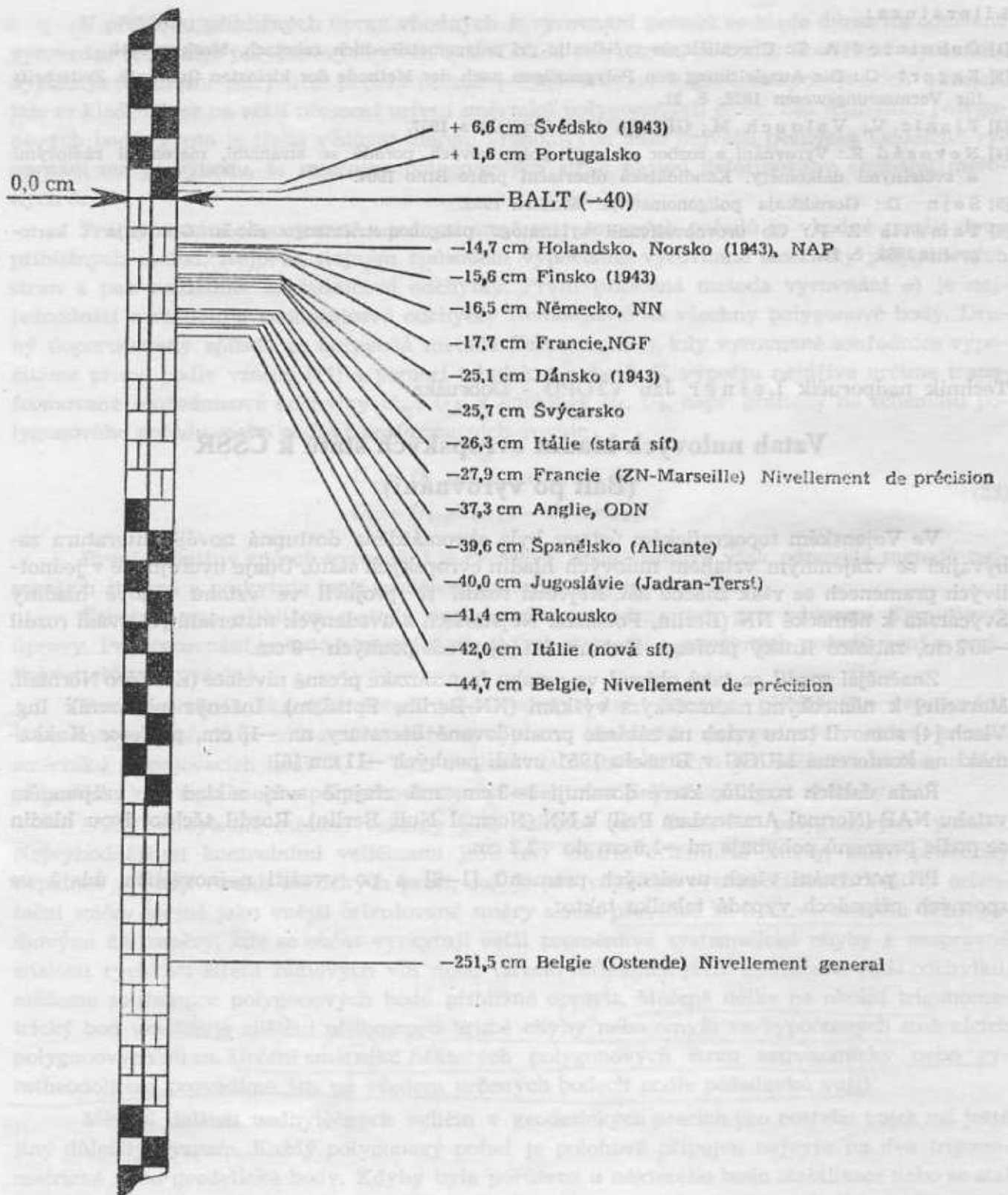
Značnější rozdíl se také objevil ve vztahu francouzské přesné nivelace (ZN Zéro Normall, Marseille) k německým nadmořským výškám (NN-Berlin, Potsdam). Inženýr plukovník Ing. Vlach [4] stanovil tento vztah na základě prostudované literatury na -18 cm, profesor Kukkamäki na konferenci MUGG v Bruselu 1951 uvádí pouhých -11 cm [6].

Řada dalších rozdílů, které dosahují $1-3$ cm, má zřejmě svůj základ ve vzájemném vztahu NAP (Normal Amsterdam Peil) k NN (Normal Null Berlin). Rozdíl těchto dvou hladin se podle pramenů pohybuje od $-1,6$ cm do $+2,2$ cm.

Při porovnání všech uvedených pramenů [1-6] a po využití nejnovějších údajů ve sporných případech vypadá tabulka takto:

Literatura:

- [1] Die Höhengulpunkte, Berlin 1923
- [2] Planheft Holandsko, Berlin 1943
- [3] Planheft Belgie, Berlin 1944
- [4] Voj. topografický obzor, č. 3/4, 1956
- [5] Sonderhefte der Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 12/64
- [6] Vyšší geodesie (Böhm), Praha 1963



1 : 20

Zkratky:

- NAP = Normal Amsterdam Peil
- NN = Normal Null Berlin-Potsdam
- NGF = Nivellement General de la France
- ZN = Zéro Normal (Marseille)
- ODN = Ordnance Datum Newlin

Přístrojové vyhodnocování průzkumných a měřických snímků z velkých výšek letu

Při provádění geodetického zabezpečení vojsk budou mít fotogrammetrické složky k dispozici jen zcela výjimečně snímkový materiál z měřických komor a z výšek letu do 5 km. Úlohu veškerého leteckého snímkování v bojových operacích a nad nepřístupným územím převzou nadzvukové průzkumné nebo bojové letouny, bezpilotní letouny, balistické rakety, balóny, popřípadě umělé družice Země, vybavené vesměs komorami jen průzkumnými. K fotogrammetrickému vyhodnocování budou jen zřídka využívány průzkumné snímky z výšek letu do 5000 m (mající převážně význam taktický), ale spíše snímky významu operačního a strategického, pořizované z výšek letu nad 5000 m. Používání průzkumných snímků a velké výšky letu vnášejí do fotogrammetrického přístrojového vyhodnocování řadu odlišností oproti vyhodnocení měřických snímků z malých výšek.

Charakteristika průzkumných leteckých komor

Oproti běžným měřickým komorám liší se průzkumné letecké komory pro řadové fotografování především těmito vlastnostmi:

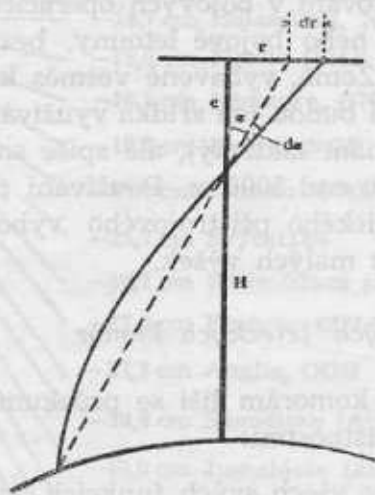
- komory jsou ovládány ve všech svých funkcích pouze dálkově, neboť komory nejsou při letu posádce přístupné;
- komory nejsou v průběhu letu urovnávány do svislé polohy; jednotlivé snímky proto mohou vykazovat odchylky od svislice i nad 3°;
- podélný překryt snímků je řízen pomocí intervalometru, tj. předem vypočtenými časovými intervaly mezi expozicemi; velké změny v terénních výškách se proto projeví zvýšenou nerovnoměrností podélných překrytů;
- smaz obrazu při malých výškách letu je možno kompenzovat zavedeným posuvem filmu při expozici. Při výškách letu nad 10 km nebývá posuv filmu zaváděn; z hlediska měřického je to výhodné, neboť určení polohy HB je jednoznačnější a urovnání filmu dokonalejší;
- vnitřní orientace průzkumných komor je definována jen přibližně, a to jednak ohniskovou vzdáleností (zpravidla na celé mm nebo desetiny), jednak třemi až čtyřmi poměrně hrubými značkami;
- radiální zkreslení průzkumných komor činí až 200 μm , rotační nesymetrie zkreslení až 35 μm ;
- škodlivé deformace filmu, tj. srážky diferenční a nepravidelné se vyskytují ve větší míře než u filmů měřických, zejména vlivem používání méně stabilních podložek a urychleného vyvolávacího procesu;
- vyrovnání filmu do roviny — pokud se děje přetlakem nebo podtlakem vzduchu — je ve výškách letu nad 10 km málo účinné, a proto je nutno očekávat častější výskyt deformací obrazu vlivem neurovnání filmu.

Z výše vyjmenovaných hlavních nedostatků průzkumných komor jsou pro měřická vyhodnocení nejzávažnější povahy velké zkreslení komory a nepřesná znalost prvků vnitřní orientace. Ostatní nedostatky se vyskytují jen nahodile a jen výjimečně vytvoří podstatnou překážku pro přístrojové vyhodnocení.

Velikost a průběh distorze komory, konstanta komory a poloha HB vůči rámovým značkám musí být zjištěny individuální kalibrací použité průzkumné komory. Pokud by nebylo možno kalibraci provést, je nutno vycházet z tzv. typického zkreslení použitého typu a objektivu komory a jako konstanta komory musí být převzata nominální hodnota ohniskové vzdálenosti. Nepřesná znalost a neurčitost vnitřní orientace průzkumné komory bude vždy zdrojem

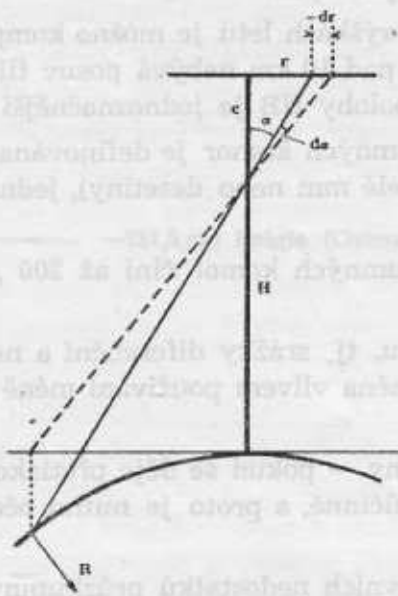
určitých chyb; avšak v případě snímků z velkých výšek je tento vliv značně mírněn malým – oproti výšce letu – převýšením terénu (v terénu rovinném se vliv nepřesné vnitřní orientace téměř neuplatňuje).

Zatímco při malých a středních výškách letu považujeme snímky z měřických komor v běžném přístrojovém vyhodnocování za přísně centrální zobrazení, pak velké výšky letu vnášejí do snímkového zobrazení značná zkreslení vlivem refrakce a zakřivení Země. Tato zkreslení postihují stejnou měrou snímky jak z komor měřických, tak průzkumných. Při vel-



Obr. 1. Vliv refrakce

kých výškách letu ztrácí tedy měřická komora svou podstatnou přednost vůči komoře průzkumné, neboť oba druhy snímků musí být zpracovány jako snímky s nezanedbatelným zkreslením.



Obr. 3. Vliv zakřivení Země

Vliv refrakce

Při průchodu zobrazovacího paprsku vzduchovými vrstvami různé hustoty mění se index lomu paprsků, který působí posun bodů na snímku směrem od HB (resp. nadiru) snímku tedy působí k l a d n é zkreslení dr_R radiálních vzdáleností r :

$$dr_R = r_{\text{skresl.}} - r_{\text{nom.}}$$

Změna zobrazovacího směru $d\alpha$ vlivem refrakce

$$d\alpha_R = \alpha_{\text{skresl.}} - \alpha_{\text{nomín.}}$$

je podle obr. 1 závislá na odklonu zobrazovacího směru od svislice (tj. zenitové vzdálenosti) α , na výšce letu nad hladinou moře H_n a nad terénem H_g a na atmosférických podmínkách (teplotě, vlhkosti a tlaku vzduchu).

K výpočtu refrakce $d\alpha$ používaný vzorec Aschenbrennerův

$$d\alpha = 9,57 (H_n - H_g) \operatorname{tg} \alpha (1 - 0,035) \alpha''$$

je sice jednoduchý, ale platný jen do výšek letu 5 km.

Tabulka I. Hodnoty refrakce (v gradových vteř.)

Výška letu (km)	Zobrazovací úhel v gradech															
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80g
2	1	2	3	5	6	7	9	10	12	14	16	18	21	26	33	43cc
4	2	4	6	8	11	13	16	19	22	26	30	35	41	50	62	79
6	3	6	9	12	14	17	20	24	29	34	39	45	54	65	79	103
8	3	7	10	13	16	19	22	27	32	37	43	50	59	73	90	116
10	3	7	10	14	18	21	25	30	36	42	49	57	68	83	103	131
12,5	4	8	12	16	20	25	30	35	42	49	58	69	72	98	121	154
15	5	10	14	19	24	29	35	42	49	57	66	76	92	112	137	175
17,5	5	9	13	17	22	27	33	39	47	55	64	75	89	107	132	169
20	5	9	13	17	21	26	31	37	44	52	61	72	85	102	126	162
25	4	8	12	16	20	24	30	35	41	48	57	67	79	96	119	152
30	3	7	10	13	17	20	24	28	33	38	46	54	65	79	97	125

Univerzálnější vzorec, platící i pro velké výšky letu, odvodil Leyonhufvud. Při zjednodušených podmínkách $H_n = H_g$ a pro tzv. „normální atmosféru“ má vzorec tvar

$$d\alpha = T - \frac{P \cos \alpha}{H_n} \cdot \rho'',$$

v němž znamená:

$$T'' = (57,82 - 5,554 H + 0,2040 H^2 - 0,00347 H^3) \operatorname{tg} \alpha,$$

$$P_{km} = 10^{-7} (2803 H - 134,629 H^2 + 3,2966 H^3 - 0,04205 H^4) \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \alpha}, \quad \rho'' = 206265''.$$

Hodnoty refrakce $d\alpha''$ (v gradových vteřinách) jsou vypočteny pro výšky letu do 30 km a pro zenitové úhly do 80° v tabulce I. Grafický průběh refrakce je znázorněn na obr. 2.

Vliv zakřivení Země

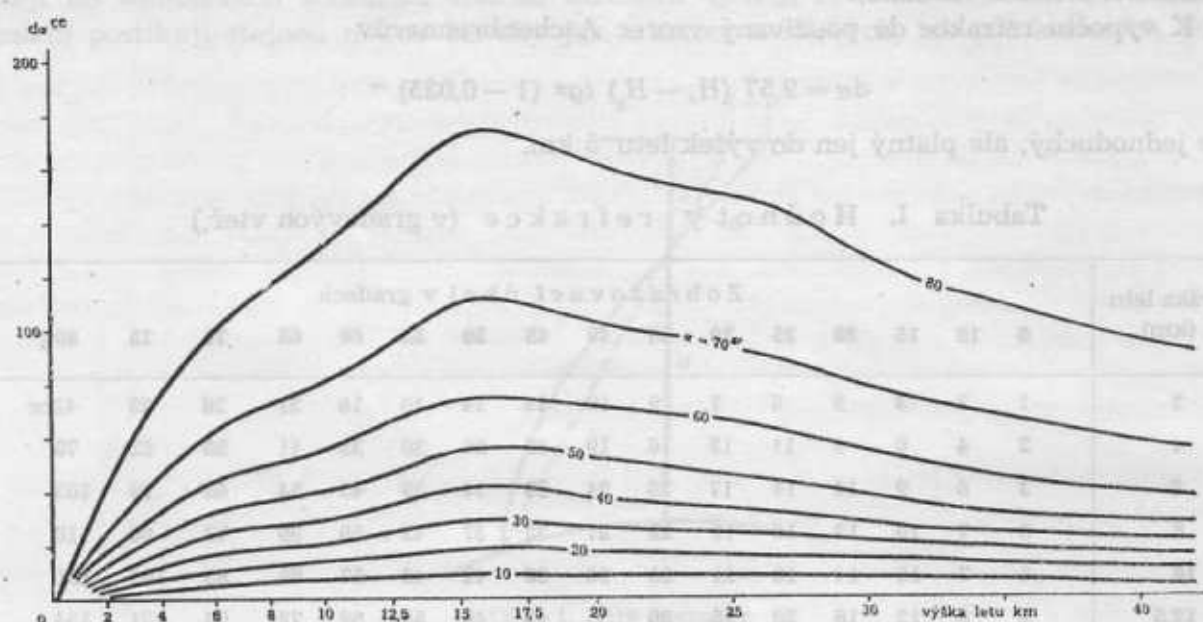
Povrch Země — ve tvaru kulového vrchlíku — je promítán na rovinnou plochu snímku. Obrazy terénních bodů jsou posunuty na snímku oproti své poloze o hodnotu dr_z , a to směrem ke středu snímku, tj. směrem záporným

Příslušná změna $d\alpha_z$ zobrazovacího směru α je vyjádřena podle obr. 3 vzorcem

$$d\alpha_z = \frac{H}{2R} \cdot \frac{\sin^3 \alpha}{\cos \alpha} \cdot \sigma''.$$

Hodnoty $d\alpha_z''$ jsou vesměs záporné a pro poloměr Země $R = 6370$ km jsou vypočteny v tabulce II.

Sloučíme-li algebraicky hodnoty odpovídajících si bodů v tabulce I a II, získáme tabulku III, která vyjadřuje společný vliv refrakce a zakřivení Země na změnu zobrazovacího směru $d\alpha_{R+Z}$. Z tabulky III i z obr. 4 je patrné, že při malých zenitových vzdálenostech — cca do 15° — převládá vliv a kladné znaménko refrakce, při větších vliv zakřivení Země.



Obr. 2. Průběh refrakce $d\alpha_R$

Tabulka II. Zakřivení Země (v grad. vteřinách)

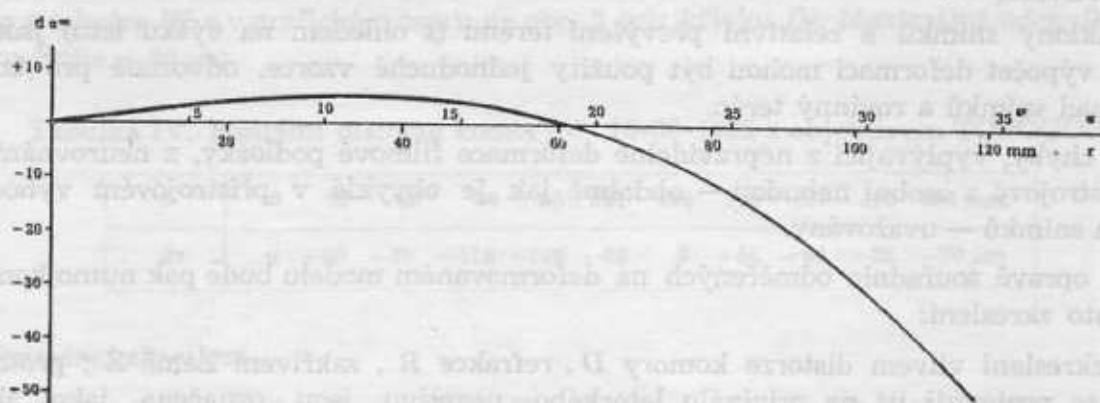
Výška letu (km)	Zobrazovací úhel v gradech															
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80g
2	0	0	1	3	6	11	17	25	36	50	68	90	119	156	206	265cc
4	0	1	3	6	12	21	33	50	72	100	135	180	237	311	412	530
6	0	1	4	9	18	32	50	75	108	150	203	270	356	467	618	796
8	0	2	5	12	24	42	67	100	144	200	271	360	474	623	824	1061
10	0	2	7	16	30	53	84	125	180	250	338	450	593	779	1030	1326
12,5	0	2	8	19	38	66	104	157	225	312	423	562	742	973	1287	1658
15	0	3	10	23	46	79	125	183	270	375	507	675	889	1168	1544	1989
17,5	0	3	11	27	53	92	146	219	315	437	592	788	1030	1362	1801	2321
20	0	4	13	31	61	105	167	251	360	500	677	900	1186	1557	2059	2653
25	1	5	16	39	76	131	209	313	450	625	848	1125	1482	1946	2574	3316
30	1	6	20	47	91	157	250	376	540	750	1015	1350	1778	2336	3039	3979

Údaje v tabulce I až III platí pro snímky s přesně svislou osou záběru, pro terén rovinný v úrovni moře a pro normální atmosférické poměry. Odlišné podmínky jsou příčinou určitých odchylek. Avšak pro běžné účely přístrojového vyhodnocení je zanedbatelný vliv celkového převýšení terénu nad mořem, změny tlaku, teploty a vlhkosti vzduchu. Individuálně musí být uvažovány — a to zejména u komor širokouhlých a superširokouhlých — velká relativní převýšení terénu a značné odklony osy záběru od svislice, jejichž vliv může být velmi značný. Tak např. u komory $f = 20$ cm při formátu snímku 30×30 cm, při výšce letu $H = 10$ km a ve vzdálenosti na snímku $r = 20$ cm jsou tyto odchylky od standardních hodnot:

a) při sklonu snímku $\nu = 5^\circ$ projevuje se maximální odchylka od standardního souhrnného vlivu z refrakce a zakřivení Země na okrajových bodech spádnice, a to

na horním okraji snímku ($\alpha + \nu$) . . . $\delta\alpha = -80''$, resp. $\delta r = -48\mu\text{m}$;

na spodním okraji snímku ($\alpha - \nu$) . . . $\delta\alpha = +64''$, resp. $\delta r = +38\mu\text{m}$.



Obr. 4. Společný vliv refrakce a zakřivení Země na změnu zobrazovacího směru pro výšku letu $H = 10$ km a komoru $f = 20$ cm

Tabulka III. Společný vliv refrakce a zakřivení Země na změnu zobrazovacího směru α (v grad vteřinách)

Výška letu (km)	Zobrazovací úhel v gradech															
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
2	+1	+2	+2	+2	0	-3	-8	-15	-24	-36	-52	-72	-97	-130	-173	-222
4	+2	+3	+3	+2	-1	-8	-17	-31	-50	-74	-105	-145	-196	-261	-350	-451
6	+3	+5	+5	+3	-4	-14	-30	-51	-79	-116	-164	-225	-302	-402	-539	-693
8	+3	+6	+5	+1	-8	-23	-45	-73	-112	-163	-228	-310	-415	-550	-734	-945
10	+3	+5	+4	-1	-12	-31	-58	-95	-144	-208	-289	-393	-525	-696	-927	-1195
12,5	+4	+6	+4	-3	-18	-40	-74	-122	-183	-263	-365	-493	-670	-875	-1166	-1504
15	+5	+7	+4	-4	-21	-50	-90	-146	-221	-318	-441	-593	-797	-1056	-1307	-1714
17,5	+5	+6	+2	-10	-31	-65	-113	-170	-268	-382	-528	-712	-941	-1255	-1669	-2152
20	+5	+5	0	-14	-40	-79	-136	-214	-316	-448	-616	-823	-1101	-1455	-1733	-2491
25	+3	+3	-4	-23	-56	-107	-179	-278	-409	-577	-789	-1058	-1403	-1850	-2455	-3164
30	+2	+1	-9	-33	-74	-137	-226	-348	-507	-712	-969	-1296	-1713	-2257	-2992	-3854

b) převýšení bodu $\Delta Z = +1000\text{m}$ nad srovnávací rovinou způsobuje diferenciální přírůstek zkreslení vlivem zakřivení Země.

$$\delta\alpha = +49'' \text{, resp. } \delta r = +29\mu\text{m}.$$

Předpoklady pro přístrojové vyhodnocení průzkumných snímků

Je výhodné, jestliže hlavní zdroje systematických zkreslení snímků, tj. distorze komory, refrakce, zakřivení Země, mohou být kompenzovány nebo vyloučeny již na jednotlivém snímku a tím splněna podmínka pro vznik nedeformovaného modelu.

Nebylo-li možno zkreslení na jednotlivém snímku vyloučit (jak je předpokládáno v našem případě), je sestavený model deformován polohopisně i výškově a proměřením modelu získaný grafický nebo číselný operát musí být dodatečně podrobován opravám.

Aby výpočet a zavádění oprav byly jednoduché a tak umožněno hromadné a mechanické vyhodnocování průzkumných snímků na našich vyhodnocovacích přístrojích, je nutno předpokládat, že

– distorze průzkumné komory i zkreslení vlivem refrakce a zakřivení Země jsou dostatečně symetrické,

– sklony snímků a relativní převýšení terénu (s ohledem na výšku letu) jsou malé, takže pro výpočet deformací mohou být použity jednoduché vzorce, odvozené pro tzv. normální případ snímků a rovinný terén,

– chyby, vyplývající z nepravidelné deformace filmové podložky, z neurovnání filmu, chyby přístrojové a osobní nebudou – obdobně jak je obvyklé v přístrojovém vyhodnocení měřických snímků – uvažovány.

Při opravě souřadnic odměřených na deformovaném modelu bude pak nutno kompenzovat jen tato zkreslení:

a) zkreslení vlivem distorze komory D , refrakce R , zakřivení Země Z ; protože tato zkreslení se projevují již na originálu leteckého negativu, jsou označena jako zkreslení primární $\Delta x^I, \Delta y^I, \Delta z^I$;

b) zkreslení vlivem parazitní konvergence K , vznikající až v průběhu vzájemné orientace snímků – zkreslení sekundární $\Delta x^{II}, \Delta y^{II}, \Delta z^{II}$;

c) zkreslení (jen polohopisné) vlivem výškové deformace modelu D , – zkreslení terciární $\Delta x^{III}, \Delta y^{III}$.

I když stereoskopický model a jeho deformace jsou útvary prostorové, je výhodné odvozovat zkreslení $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ ze vztahů jednosnímkových, které jsou pro daný účel dostatečně přesné a přitom jednodušší nežli vztahy prostorové.

Velikosti jednotlivých i výsledných deformací $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ budou vypočítávány pro omezený počet bodů, jimiž budou průsečíky dvoucentimetrové nebo jednocentimetrové mřížky; pro ostatní body je možno určit deformace interpolací.

Postup při výpočtu oprav k přístrojovému vyhodnocení průzkumných snímků a snímků měřických z velkých výšek bude vysvětlen na konkrétním případě.

Údaje o použité průzkumné komoře a snímkovém letu

Dodaná snímková dvojice byla pořízena průzkumným letounem z výšky letu $H_g \approx 10$ km standardní průzkumnou komorou AFP 20/30 č. 10-60-1022 s objektivem TOPOGON $f = 201$ mm; formát snímků 30×30 cm, podélný překryt $p = 66\%$, průměrná výška terénu $Z_{pr} = 450$ m, maximální převýšení terénu $\Delta Z = \pm 200$ m (tj. $\pm 2\%$ H). Sklony snímků jsou menší než 3° , stočení α menší než 4° . Měřítko snímků $M_s = 1 : 50\,000$; na využitelné překrytové ploše snímků je zobrazena plocha terénu cca 75 km². Snímková dvojice má být použita jednak pro grafické sestavení mapy měřítka $1 : 50\,000$ (s přesností obvyklou pro toto měřítko), jednak k číselnému určení polohy a výšky 15 cílů (na snímku identifikovaných) s přesností 10 až 15 m. K absolutní orientaci modelu jsou k dispozici na snímku identifikované 3 kostelní věže se známými souřadnicemi X, Y, Z a další 2 výškové kóty z mapy měřítka $1 : 200\,000$.

Snímky budou vyhodnoceny na autografu Wild A-5. Kompenzační desky k eliminaci distorze, refrakce a zakřivení Země nejsou k dispozici.

Údaje o vnitřní orientaci komory a její distorzi mohly být zjištěny u použité komory individuální kalibrací. Laboratorní kalibrace z proměření mřížky v obrazové rovině dala tyto výsledky.

a) konstanta komory c_k za podmínky, aby zkreslení v radiální vzdálenosti $r = 120$ mm bylo nulové tj. $dr_{120} = 0$,

$$c_k = 201,16 \text{ mm};$$

b) decentrace HB vůči průsečíku spojnic 4rámových značek

$$dx = -0,12 \text{ mm}, dy = -0,05 \text{ mm}$$

je poměrně malá a může být uvážena při centraci snímku v projektoru;

c) distorze komory, stanovená v průměru zkreslení ve čtyřech úhlopříčných řezech je uvedena v tabulce IV a v grafickém tvaru na obr. 5 (viz křivku D). Maximální odchylka řezu od průměru činila $+20 \mu\text{m}$.

Tabulka IV. Radiální distorze komory č. 10-60-1022 s objektivem TOPOGON

r	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200 mm
dr	0	-56	-98	-118	-106	-62	0	+44	+54	+22	-70 μm

Primární zkreslení

Hodnoty úhlových zkreslení vlivem $R + Z$ jsou uvedeny v tab. III jen pro zobrazovací úhly $\alpha = 0, 5, 10 \dots$ gradů. V radiálních vzdálenostech $r = 0, 2, 4, 6 \dots$ cm a pro zobrazovací úhly jim příslušné $\alpha = 0, 6,3, 12,8 \dots$ gradů jsou zjištěna odpovídající zkreslení $d\alpha$ z grafu na obr. 4 a jsou zapsána v ř. 3 tabulky V.

Tabulka V. Úhlová a délková zkreslení vlivem $R + Z$

vzdálenost r Radiální	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200 mm
Obrazový úhel α	0	6,3	12,8	18,6	24,2	29,5	34,4	38,9	43,0	46,6	50,0 $^\circ$
Zkreslení $d\alpha_{R+Z}$	0	+4	+5	+1	-10	-29	-54	-86	-123	-165	-208 $''$
Zkreslení dr_{R+Z}	0	+1	+2	0	-4	-11	-23	-40	-63	-94	-131 μm

Tabulka VI. Radiální zkreslení dr vlivem $D + R + Z$

Vzdálenost r	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200 mm
Zkreslení dr_{D+R+Z}	0	-55	-96	-118	-110	-73	-23	+4	-9	-72	-201 μm
Redukce δr	0	-0,6	-1,1	-1,7	-2,3	-2,8	-3,4	-4	-4,6	-5,1	-5,7 μm
$dr_{r=140=0}$	0	-56	-97	-120	-112	-76	-26	0	-14	-77	-207 μm

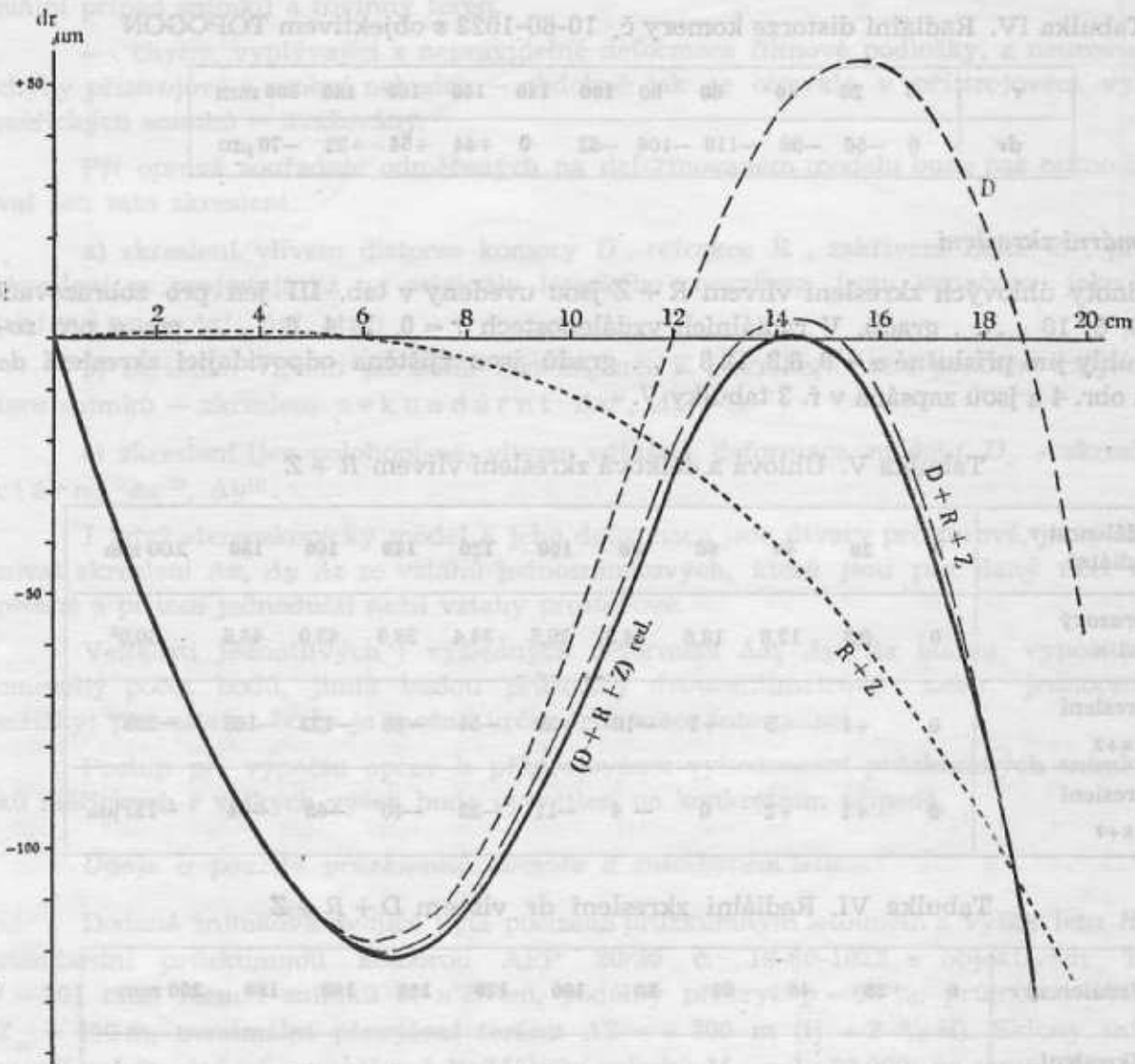
Úhlová zkreslení $d\alpha$ jsou převáděna na délkové hodnoty radiálního zkreslení dr na snímku podle vzorce

$$dr = \frac{c}{\cos^2 \alpha} \cdot \frac{d\alpha}{\rho} = \frac{r^2 + c^2}{c} \cdot \frac{d\alpha}{\rho}$$

Pro daný případ snímků $c^k = 200 \text{ mm}$ jsou vypočtena radiální zkreslení dr vlivem $R + Z$ v ř. 4 tabulky V. Graficky je znázorněna křivka $R + Z$ na obr. 5.

Celkové primární radiální zkreslení dr_1 na snímku je dáno algebraickým součtem radiálního zkreslení vlivem distorze (viz tab. IV) a vlivem $R + Z$ (viz tab. V, ř. 4) a je uvedeno v tab. VI, ř. 2 nebo v grafické podobě na obr. 5 (viz křivku $D + R + Z$).

Po zavedení zkreslení vlivem $R + Z$ byla porušena podmínka, aby $dr_{120} = 0$. Pro další výpočty deformací není výhodné redukovat zkreslení $D + R + Z$ na nulovou hodnotu ve vzdálenosti $r = 120$, mm, ale v té vzdálenosti, v níž budou voleny orientační body č. 4 a 6 pro relativní



Obr. 5. Grafický průběh jednotlivých zkreslení dr

orientaci, tj. v našem případě ve vzdálenosti $r = 140$ mm. Koeficient pro redukcí zkreslení je zjištěn ze vztahu

$$k = - \frac{dr_{140}}{r_{140}} = - \frac{4}{140} = -0,03 .$$

Príslušná redukce zkreslení je vypočtena v ř. 4 a 5 tabulky VI. Výsledné redukované zkreslení je znázorněno na obr. 5 křivkou $(D + R + Z)_{red}$.

Redukce radiálního zkreslení na novou podmínku $dr_{140} = 0$ vyvolá současně nutnost změny konstanty komory. Diferenciální změna konstanty dc_k je vypočítávána ze vztahu

$$dc_k = \frac{c_k}{r} dr = \frac{201,16}{140} \cdot 0,004 = +0,005 \text{ mm.} \quad (1)$$

V konkrétním případě je změna (zde přírůstek) konstanty nepatrná a bude zanedbána. Pro samotné vyhodnocování musí být zmenšeny negativy formátu 30 × 30 cm na diapozitivu formátu 15 × 15 cm na zmenšovacím přístroji, který může vnést do snímku další zkreslení, respektive zkreslení snímku kompenzovat. Použitý zmenšovací přístroj, jak bylo zjištěno proměřením zmenšené mřížky, je prakticky nezkrslující; jeho koeficient zmenšení je $k_z = 0,4976$. Na polovinu zmenšený diapozitiv bude mít přibližně měřítko $M_d = 1 : 100\,000$ a novou konstantu $c_d = k_z \cdot c_k = 100,10$ mm. Na polovinu budou zmenšena i radiální zkreslení dr vlivem $D + R + Z$ a jejich hodnoty jsou uvedeny v tabulce VII.

Tabulka VII. Radiální zkreslení dr vlivem $D + R + Z$ na diapozitivu 15 × 15 cm

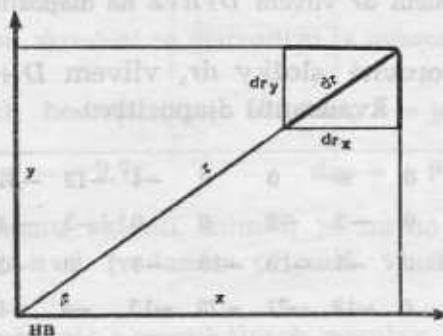
Vzdálenost r	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100 mm
Zkreslení dr_{D+R+Z}	0	-28	-48	-60	-56	-38	-13	0	-7	-38	-103 μm

Za účelem zjišťování deformací snímkových souřadnic jsou převáděna radiální zkreslení diapozitivu dr^1 na složky vodorovné dr_x a na složky svislé dr_y podle vztahů odvozených z obr. 6:

$$dr_x = \frac{x}{r} dr = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \cdot dr,$$

$$dr_y = \frac{y}{r} dr = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} dr,$$

v nichž hodnoty radiálního zkreslení dr v příslušných vzdálenostech r jsou brány (v polovičních velikostech) z grafického zákresu křivky $(D + R + Z)_{red}$ na obr. 5. Pro jednotlivé průsečky jednocentimetrové mřížky jsou vypočteny vodorovné složky dr_x pro pravý horní kvadrant diapozitivu v tabulce VIII; grafické znázornění obsahuje obr. 7.



Obr. 6. Převedení radiálního zkreslení na složku vodorovnou a svislou

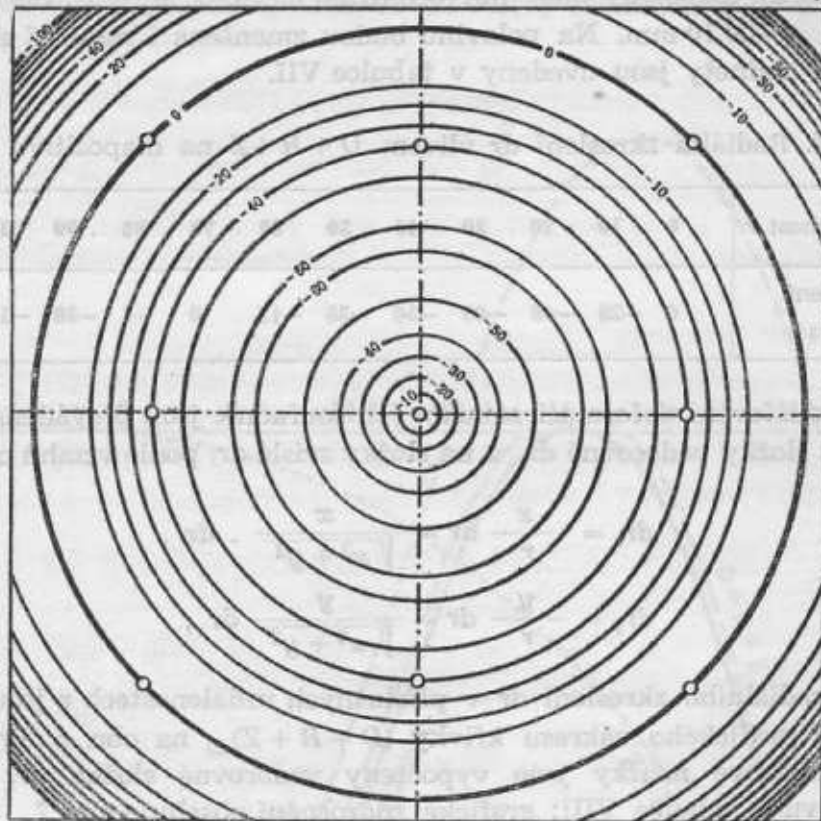
Vertikální složky radiálního zkreslení dr_y získáme obdobným výpočtem nebo pouhým pootočením tabulky VIII a obrázku 7 o 90° .

Pomocí grafu na obr. 7b bylo by možno odečítat primární zkreslení Δx^1 , Δy^1 snímkových souřadnic odečtených na komparátoru. Obdobný graf zkreslení se proto sestavuje i pro účely analytické fotogrammetrie, jestliže nebylo možno vyjádřit zkreslení snímku vhodnou matematickou funkcí.

Zkreslení sekundární

Při vyhodnocování značně zkreslených snímků na vyhodnocovacích strojích, nekompenzujících zkreslení, objeví se prvé potíže již při vzájemné orientaci dvojice snímků. Odstranění příčných paralax je možné jen na omezeném počtu a jen při pozměněném vzájemném

sklonu snímků. Pro další výpočet deformací předpokládejme, že snímková základna na diapozitivu činí 50 mm (odpovídá podélnému překrytu $p = 66,7\%$) a že orientační body pro vzájemnou orientaci snímků byly zvoleny v přísném souměrném a standardním rozmístění podle schématu na obr. 8.



Obr. 7a. Radiální zkreslení dr vlivem $D+R+Z$ na diapozitivu (v mikrometrech)

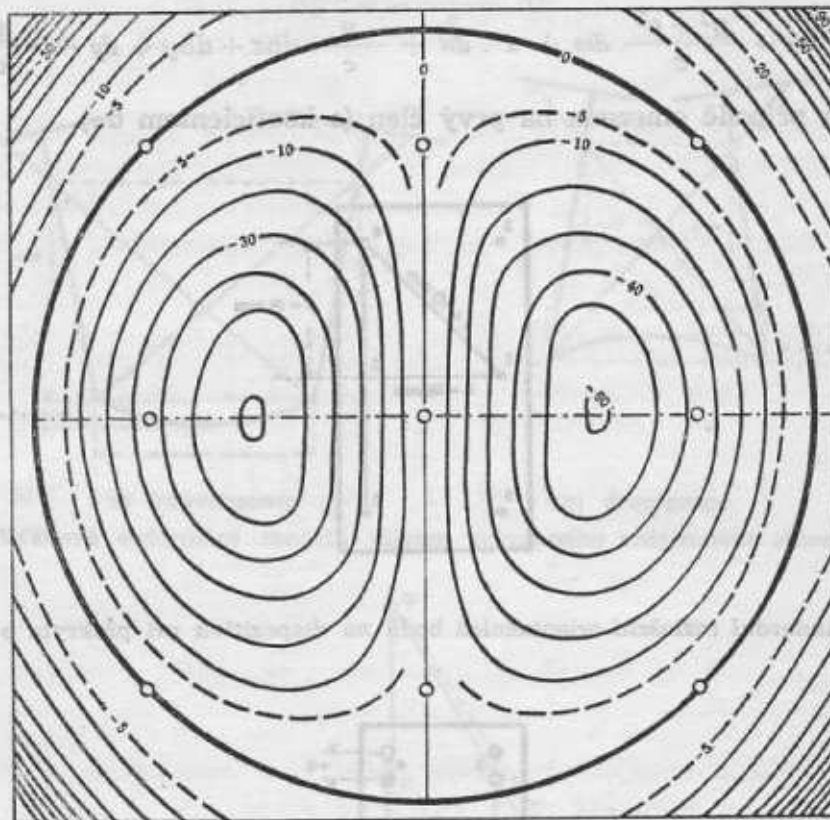
Tabulka VIII. Zkreslení vodorovné složky dr_x vlivem $D+R+Z$ v pravém horním kvadrantu diapozitivu

$y = +7$ cm	0	0	0	0	0	-4	-13	-31	-66	μm
+6	-2	0	-2	-2	0	0	-2	-14	-36	-82
+5	-7	0	-7	-10	-10	-3	0	-2	-19	-49
+4	-13	0	-13	-21	-23	-15	-4	-0	-8	-30
+3	-19	0	-19	-33	-38	-30	-16	-1	-1	-19
+2	-23	0	-23	-41	-50	-43	-26	-7	0	-11
+1	-26	0	-26	-46	-57	-53	-35	-11	0	-9
0	-28	0	-28	-48	-60	-56	-38	-13	0	-7
-1	-26	0	-26	-46	-57	-53	-35	-11	0	-9
$x =$	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8 cm

Byla-li by uvedena dvojice snímků (v podmínkách tzv. normálního případu) na autografu do správné absolutní (a tím i relativní vzájemné) orientace, pak po odstranění příčných paralax na orientačních bodech 1 a 2 budou pozorovány na bodech 3, 4, 5, 6 příčné paralaxy, jejichž velikost určíme buď z rozdílu stejnojmenných pořadnic, nebo z rozdílu zkreslení na levém a pravém snímku. Velikost pořadnic y a příčných paralax $q = y_L - y_P$ na bodech modelu 1 až 6 jsou sestaveny a vypočteny v tabulce IX; schematické znázornění je na obr. 9.

Příčné paralaxy na bodech 3 až 6 jsou odstraňovány v průběhu vzájemné orientace snímků na autografu dodatečnými (parazitními) podélnými sklony $d\alpha$ levého a pravého projektoru. Sklony jsou vypočítávány podle vzorců

$$d\alpha_L = \frac{c}{2by} (q_6 - q_4) \cdot \rho, \quad d\alpha_P = \frac{c}{2by} (q_5 - q_3) \cdot \rho.$$



Obr. 7b. Vodorovná složka zkreslení na diapozitivu (v mikrometrech) dr_x vlivem $D+R+Z$

Po dosazení konkrétních hodnot ($c_d = 100$ mm, $b = y = 50$ mm) činí

$$d\alpha_L = -9,7^\circ, \quad d\alpha_P = +9,7^\circ,$$

tzn., že k existujícímu podélnému sklonu snímků je nutno zavést na snímkové projektory přístroje parazitní konvergenční (v daném případě vlastně divergenční) snímků.

Tabulka IX. Velikosti pořadnic a vertikálních paralax na diapozitivu 1 : 100 000.

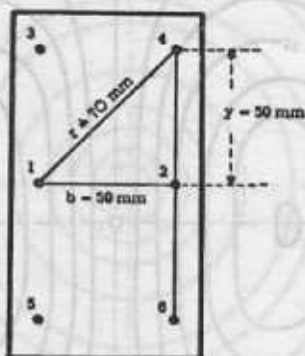
Orientační bod	Levý snímek	Pravý snímek	$q = y_L - y_P$
1,2	$y = 0$	$y = 0$	$q = 0$
3	+49,962 mm	+50,000 mm	$q = -38 \mu\text{m}$
4	+50,000	+49,962	+38
5	-49,962	-50,000	+38
6	-50,000	-49,962	-38

Jestliže orientační body jsou voleny v přísně standardní poloze na diapozitivu, pak primární zkreslení – pokud jsou dostatečně symetrická – vyvolají jen konvergenční snímků. Na ostatní prvky vzájemné orientace ($d\omega$, $d\alpha$, dbx , db_y , db_z) je vliv primárních zkreslení nepatrný a zanedbatelný, respektive je eliminován při absolutní orientaci modelu.

Protože změny prvků vnitřní orientace dx, dy jsou brány v úvahu při centraci snímků a vliv zkreslení na změnu konstanty dc byl vzat v úvahu rovnicí (1), pak základní fotogrammetrická rovnice pro určení zkreslení (v měřítku snímku) centrálního průmětu jednotlivého snímku vlivem porušení vzájemné a vnitřní orientace

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= -\frac{x^2 + c^2}{c} d\alpha + \frac{xy}{c} d\omega + y \cdot dx + \frac{x}{c} dbz + dbx + dx + \frac{x}{c} dc \\ \Delta y &= -\frac{xy}{c} d\alpha + \frac{y^2 + c^2}{c} d\omega + x \cdot dy + \frac{y}{c} dbz + dby + dy + \frac{y}{c} dc \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

může být v daném případě omezena na první člen (s koeficientem $d\alpha$).



Obr. 8. Standardní rozložení orientačních bodů na diapozitivu při překrytu $p = 66,7\%$



Obr. 9. Vertikální paralaxy na modelu.

- body levého snímku
- body pravého snímku

Změna vzájemného sklonu snímků $d\alpha$ vyvolává v sestrojeném modelu i výškovou deformaci Δz do plochy parabolického válce (osa válce je rovnoběžná s osou y) a celkové snížení (popř. zvýšení) modelu podle vztahu

$$\Delta z = \left(\frac{x^2 + c^2}{b} d\alpha_L - \frac{x^2 + c^2}{b} d\alpha_P \right) \cdot \frac{1}{\rho}, \quad (3)$$

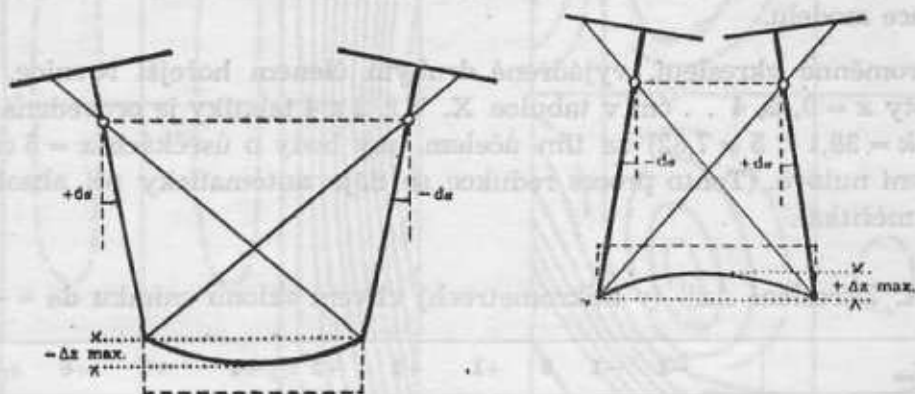
jak je i schematicky znázorněno na obr. 10.

Zkreslení terciární

Tato skupina chyb zahrnuje jen zkreslení polohopisná a je působena výškovou deformací modelu. Při prostorovém proměřování modelu je měřická značka nastavována na terénu, který kromě vlastních výškových poměrů je navíc výškově deformován vlivem primárních a sekundárních zkreslení o proměnlivou hodnotu $\Delta z = \Delta z^I + \Delta z^{II}$. Výšková deformace

Δz působí, že ortogální průmět měřické značky na srovnávací rovinu, v níž je poloha bodu proměřována, je posouván ve směru radiálním. Z obrázku 11 vyplývá, že vliv výškové deformace Δz na změnu modelových souřadnic x, z je vyjádřen vztahem:

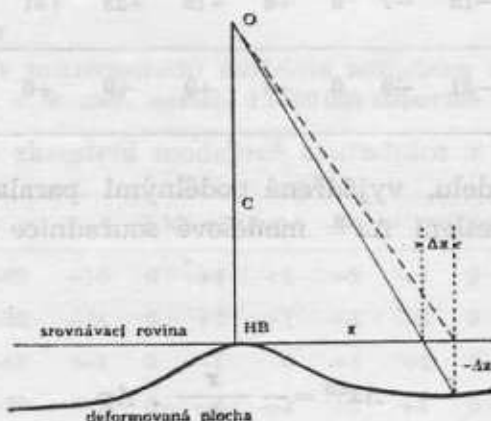
$$\left. \begin{aligned} \Delta x^{\text{III}} &= -\frac{x}{c} \Delta z \\ \Delta y^{\text{III}} &= -\frac{y}{c} \Delta z \end{aligned} \right\} (4)$$



a) konvergence

b) divergence

Obr. 10. Výšková deformace modelu vlivem porušeného vzájemného sklonu snímků



Obr. 11. Vliv výškové deformace na zkreslení modelových souřadnic

Celkové zkreslení modelových souřadnic $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ je dáno algebraickým součtem zkreslení primárního, sekundárního a terciárního.

Polohopisné deformace modelových souřadnic x, y

Primární zkreslení $\Delta x^I, \Delta y^I$, působené vlivem $D + R + Z$, je co do absolutní hodnoty rovno komponentám radiálního zkreslení dr_x^I, dr_y^I , uvedeného v tabulce IX a od něho se bude lišit jen znaménkem v těch kvadrantech, v nichž příslušná snímková souřadnice je záporná. V případě daného druhu snímků a výšky letu $H = 10 \text{ km}$ je vztah mezi oběma výrazy pro zkreslení vyjádřen pro jednotlivé kvadranty na snímku podle schématu

$-dr_x$	$-dr_x$	$-dr_y$	$-dr_y$
$+\Delta_x$	$-\Delta_x$	$-\Delta_y$	$-\Delta_y$
$-dr_x$	$-dr_x$	$-dr_y$	$-dr_y$
$+\Delta_x$	$-\Delta_x$	$+\Delta_y$	$+\Delta_y$

V dalších výpočtech deformací bude zkreslení vyjadřováno takovým výrazem (buď dr_x nebo Δ_x), který je pro výpočet výhodnější.

Sekundární zkreslení Δ_x^{II} vlivem zavedené parazitní konvergence je dáno prvním členem rovnice (2). Jestliže rovnici uvedeme ve tvaru

$$\Delta x^{II} = \left(c \cdot d\alpha + \frac{x^2}{c} \cdot d\alpha \right) \cdot \frac{1}{\rho},$$

je zjevné, že konstantní posun $c \cdot d\alpha$ nemusí být uvažován, neboť je vylučován v průběhu absolutní orientace modelu.

Vlastní proměnné zkreslení, vyjádřené druhým členem hořejší rovnice, je vypočteno pro různé hodnoty $x = 0, 2, 4 \dots$ cm v tabulce X. V ř. 3 a 4 tabulky je provedena redukce (koeficient redukce $k = 38,1 : 5 = 7,62$) za tím účelem, aby body o úsečkách $x = 5$ cm si ponechaly nadále zkreslení nulové. (Tento proces redukce se děje automaticky při absolutní orientaci modelu změnou měřítka).

Tabulka X. Zkreslení Δx^{II} (v mikrometrech) vlivem sklonu snímku $d\alpha = -9,7$

x_{cm}	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7 cm
Δx^{II}	-6	-2	0	-2	-6	-14	-25	-38	-55	-75 μm
Redukce δx	-15	-7	0	+8	+15	+23	+31	-38	+46	+53 μm
Δx^{II} redukované	-21	-9	0	+6	+9	+9	+6	0	-9	-21 μm

Výšková deformace modelu, vyjádřená podélnými paralaxami v tabulce XVIII, je příčinou terciárního zkreslení Δx^{III} modelové souřadnice x . Jestliže do vzore (4) do-

sadíme $\Delta z = \frac{c}{b} \cdot \Delta p$,

pak

$$\Delta x^{III} = - \frac{x}{b} \cdot \Delta p \quad (4a)$$

Výpočet zkreslení Δx^{III} je naznačen v tabulce XI jen pro hodnoty pořadnic $y = 0$ a $y = 5$ cm.

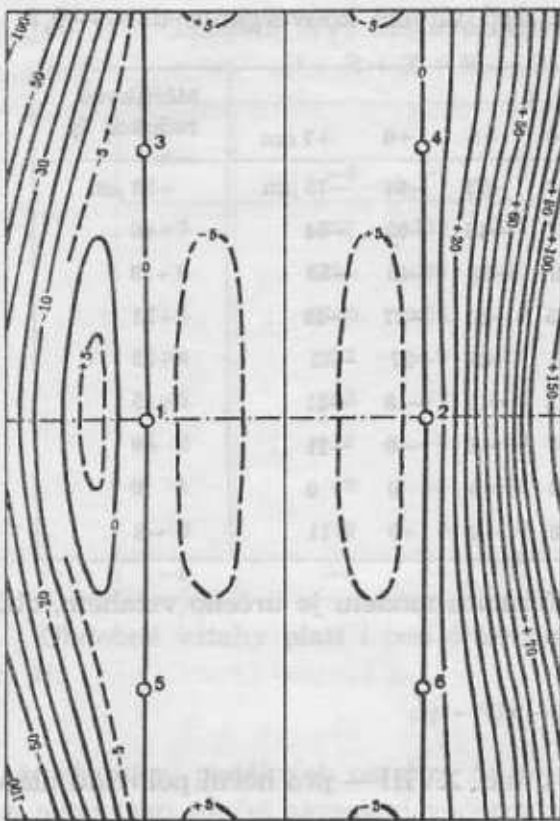
Tabulka XI. Zkreslení modelové souřadnice x vlivem výškové deformace modelu

x_{cm}	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7 cm
$y = 5$ cm	-29	-5	0	0	+1	+2	-2	0	+32	+102 μm
$y = 0$	-36	-12	0	+14	+36	+54	+58	+38	+71	+127 μm

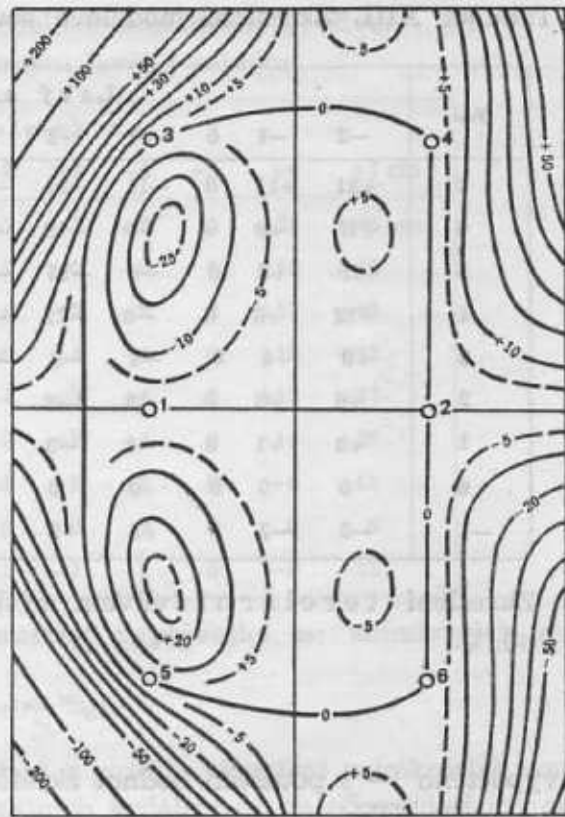
Celkové zkreslení modelové souřadnice Δx je dáno algebraickým součtem těchto dílčích zkreslení na stejnojmenných bodech centimetrové mřížky:

- Δx^I vliv $D + R + Z$. . . viz tabulku VIII,
- Δx^{II} vliv K viz tabulku X,
- Δx^{III} vliv D_v viz tabulku XI

Zkreslení Δx (v mikrometrech) je uvedeno pro horní polovinu modelu v tabulce XII, v grafickém tvaru pak na obr. 12a. Zkreslení je souměrné podle osy x .



a) zkreslení Δx



b) zkreslení Δy

Obr. 12. Celkové zkreslení (v mikrometrech) modelové souřadnice x a y na průřezu levého snímku vlivem $D+R+Z+K+D_y$ - V měř. modelu 1 : 100 000 odpovídá $10\mu\text{m}$ zkreslení 1 m v terénu

Tabulka XII. Celkové zkreslení modelové souřadnice x vlivem $D+R+Z+K+D_x$

y_{cm}	Zkreslení Δx v mikronech									
7	-65	-10	0	+4	+2	-2	-4	0	+19	+66 μm
6	-52	-14	0	+2	+1	-1	-2	0	+18	+58
5	-40	-7	0	-1	0	+1	+1	0	+21	+62
4	-29	-2	0	-4	-2	+2	+4	0	+28	+72
3	-19	+2	0	-6	-3	+3	+6	0	+36	+86
2	-14	+4	0	-6	-3	+3	+6	0	+42	+97
1	-11	+6	0	-6	-3	+3	+7	0	+42	+104
0	-9	+7	0	-3	-3	+3	+8	0	+49	+106
-1	-11	+6	0	-6	-3	+3	+7	0	+47	+104
x_{cm}	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7 cm

Sekundární zkreslení souřadnice y vlivem konvergence je vypočítáváno podle vzorce

$$\Delta y^{\text{II}} = -\frac{xy}{c} \cdot \frac{d\alpha_1}{\rho}$$

Po dosazení $d\alpha_1 = -9,7^\circ$, $c = 100 \text{ mm}$ jsou hodnoty Δy^{II} pro průřezy centimetrové mřížky vypočteny pro pravý horní kvadrant v tabulce XIII. Současně se objevuje na orientačním bodě č. 4 zkreslení $-38\mu\text{m}$, které musí být eliminováno zvětšením měřítka; pomocí koeficientu redukce $k = 7,67$ (viz obdobnou redukci u zkreslení Δx^{II} v tabulce X) jsou vypočteny v posledním sloupci tabulky diferenciální opravy δy , které je nutno připočítat k příslušným zkreslením Δy^{II} .

Tabulka XIII. Zkreslení modelové souřadnice Δy_L^{II} vlivem konvergence $d\alpha = -9,7^\circ$

y_{cm}	Levý snímek x										Měřitková redukce δy
	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7 cm	
7	+21	+11	0	-11	-21	-32	-43	-53	-64	-75 μm	+53 μm
6	+18	+9	0	-9	-18	-28	-37	-46	-55	-64	+46
5	+15	+8	0	-8	-15	-23	-30	-38	-46	-53	+38
4	+12	+6	0	-6	-12	-18	-25	-31	-37	-43	+31
3	+9	+4	0	-4	-9	-14	-18	-23	-27	-32	+23
2	+6	+3	0	-3	-6	-9	-12	-15	-18	-21	+15
1	+3	+1	0	-1	-3	-5	-7	-8	-9	-11	+8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	-3	-2	0	+2	+3	+5	+6	+8	+9	+11	-8

Zkreslení terciární vlivem výškové deformace modelu je určeno vztahem, obdobným (4a), tj.

$$\Delta y^{\text{III}} = - \frac{y}{b} \cdot \Delta p .$$

a je vypočteno — s použitím hodnot zkreslení Δp v tab. XVIII — pro horní polovinu diapozitivu v tabulce XIV:

Tabulka XIV. Zkreslení Δy^{III} modelové souřadnice y vlivem výškové deformace modelu

y_{cm}	Levý snímek x									
	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7 cm
7	+153	+69	+18	-11	-25	-25	-11	+18	+69	+153 μm
6	+98	+41	+2	-12	-19	-19	-12	+2	+41	+98 μm
5	+73	+27	0	-2	+3	+3	-2	0	+27	+73 μm
4	+58	+25	+3	+13	+21	+21	+13	+3	+25	+58 μm
3	+46	+23	+10	+22	+32	+32	+22	+10	+23	+46 μm
2	+34	+19	+10	+22	+29	+29	+22	+10	+19	+33 μm
1	+18	+11	+7	+14	+17	+17	+14	+7	+11	+18 μm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	-18	-11	-7	-14	-17	-17	-14	-7	-11	-18 μm

Souhrnné zkreslení Δy je vypočteno pro horní polovinu modelu v tabulce XV a je dáno opět algebraickým součtem dílčích zkreslení podle údajů tabulky VIII, XIII, XIV. Čáry stejných zkreslení jsou znázorněny na obr. 12b. Zkreslení je souměrné ve svých absolutních hodnotách podle osy x .

Výšková deformace modelu

Prostorový vjem členitého terénu je podmíněn existencí rozdílných podélných paralax, které jsou určovány ze vztahu

$$dp = x_L - x_P ,$$

nebo obecněji s použitím vodorovných složek r_x radiálních vzdáleností r

$$dp = r_{x_L} + r_{x_P} .$$

Tabulka XV. Celkové zkreslení modelové souřadnice y vlivem $D + R + Z + K + D_v$ na průmětu levého snímku

y_{cm}	Levý snímek $x =$									
	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7 cm
7	+227	+133	+71	+31	+7	-3	-8	0	+22	+65 μm
6	+155	+85	+35	+14	+2	-2	-3	0	+18	+49
5	+100	+38	0	-7	0	+2	+2	0	+17	+45
4	+58	+9	-22	-15	-3	+4	+4	0	+19	+42
3	+28	-7	-27	-16	-4	+3	+4	0	+19	+37
2	+14	-9	-23	-12	-3	+2	+4	0	+14	+28
1	+6	-6	-13	-5	-1	+1	+2	0	+8	+15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	-5	+6	+13	+5	+1	-1	-2	0	-8	-15

Obdobné vztahy platí i pro diferenciální paralaxy vyplývající ze snímkových deformací, tj.

$$\Delta p = \Delta x_L - \Delta x_P = dr_{x_L} + dr_{x_P},$$

tzn., že zkreslení podélných paralax Δp se určuje buď z rozdílu zkreslení snímkových souřadnic x nebo jako součet zkreslení vodorovných radiálních vzdáleností na odpovídajících si bodech ve společném překrytu obou snímků.

Primární výškové zkreslení Δp^I bude určeno ze vztahu

$$\Delta p^I = dr_{x_L}^I + dr_{x_P}^I.$$

Primární zkreslení dr_x je již vypočteno v tabulce VIII a platí jak pro levý, tak pravý snímek. Pro konkrétní případ diapozitivů ($p = 66,7\%$, $b = 50\text{ mm}$) je vypočteno zkreslení Δp vlivem $D + R + Z$ v tabulce XVI.

Tabulka XVI. Primární zkreslení Δp^I podélných paralax vlivem $D + R + Z$ při $p = 66,7\%$

y_{cm}	Levý snímek $x =$									
	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7 cm
7	-36	-31	-13	-4	0	0	-4	-13	-31	-66 μm
6	-39	-16	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-16	-39 μm
5	-30	-9	0	-10	-21	-21	-10	0	-9	-30 μm
4	-29	-13	-4	-28	-44	-44	-28	-4	-13	-29 μm
3	-34	-20	-16	-49	-71	-71	-49	-16	-20	-34 μm
2	-41	-30	-26	-66	-91	-91	-66	-26	-30	-41 μm
1	-46	-38	-35	-80	-103	-103	-80	-35	-38	-46 μm
0	-48	-41	-38	-84	-108	-108	-84	-38	-41	-48 μm
-1	-46	-38	-35	-80	-103	-103	-80	-35	-38	-46 μm
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2 cm

pravý snímek

Sekundární výškové zkreslení, způsobené konvergencí snímků, deformovalo model do tvaru válce (viz obr.10b). Velikost deformace podélné paralaxy Δp^{II} je dána rozdílem sekundárních zkreslení souřadnice x , tj.

$$\Delta p^{II} = \Delta x_L^{II} - \Delta x_P^{II}.$$

Zkreslení Δx^{II} levého snímku vlivem sklonu $d\alpha_L = -9,7^\circ$ bylo již vypočteno v tabulce X. Zkreslení Δx^{II} na pravém snímku pro $d\alpha_P = +9,7^\circ$ se buď vypočte obdobným způsobem, nebo se odvodí z podmínky souměrnosti vůči zkreslení na levém snímku podle schématu v tabulce XVII.

Tabulka XVII. Sekundární zkreslení Δp^{II} podélných paralax vlivem divergence snímků

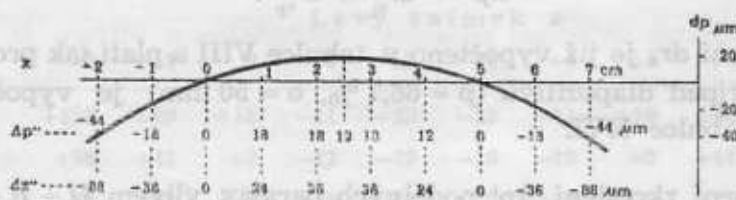
Snímek levý x_L	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7 cm
Snímek pravý x_P	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2 cm
Δx_L^{II}	-21	-9	0	+6	+9	+9	+6	0	-9	-21 μm
Δx_P^{II}	+21	+9	0	-6	-9	-9	-6	0	+9	+21 μm
Δp	-42	-18	0	+12	+18	+18	+12	0	-18	-42 μm

Sekundární výškovou deformací vlivem K je možno určit pro kontrolu výpočtu ještě

- buď použitím již uvedeného vzorce (3) pro přímý výpočet výškové deformace Δz^{II} jestliže získané hodnoty deformací redukuje o konstantní snížení modelu,
- nebo použitím vzorce pro výpočet prohnutí uprostřed modelu ($x = 2,5$ cm)

$$\Delta p_{\text{max}}^{\text{II}} = \frac{b}{4c} (d\alpha_P - d\alpha_L) \frac{1}{\rho}$$

z něhož po dosažení $d\alpha_P - d\alpha_L = +19,4^\circ$ dostaneme $\Delta p_{\text{max}} = 19 \mu\text{m}$; pro ostatní úsečky x získáme hodnoty výškové deformace z přibližně vykonstruovaného profilu prohnutí modelu, jak je znázorněno na obr. 13.



Obr. 13. Profil prohnutí modelu vlivem K

Celková výsledná výšková deformace Δz , vyjádřená hodnotou podélné paralaxy Δp , je určena součtem $\Delta p^{\text{I}} + \Delta p^{\text{II}}$ a uvedena v tabulce XVIII nebo v grafické formě na obr. 14.

Hodnoty podélných paralax Δp jsou převáděny na deformace výškové Δz (v měřítku snímku) podle vztahu

$$\Delta z = \frac{c}{b} \cdot \Delta p$$

Výškové deformace Δp vlivem $D + R + Z + K$ jsou souměrné podle středu modelu.

Zbytkové vertikální paralaxy

Při vzájemné orientaci snímků byly odstraněny vertikální paralaxy jen na standardně rozložených bodech 1–2, 3, 4, 5, 6 a v jejich těsné blízkosti. V prostorech mezi těmito body zůstávají neodstranitelné vertikální paralaxy, které mohou vyhodnocení ztěžovat, popřípadě i znemožnit.

Při výpočtu zbytkových vertikálních paralax Δq je možno vycházet přímo z rozdílu zkreslení Δy na překrývajících se bodech levého a pravého snímku, tj.

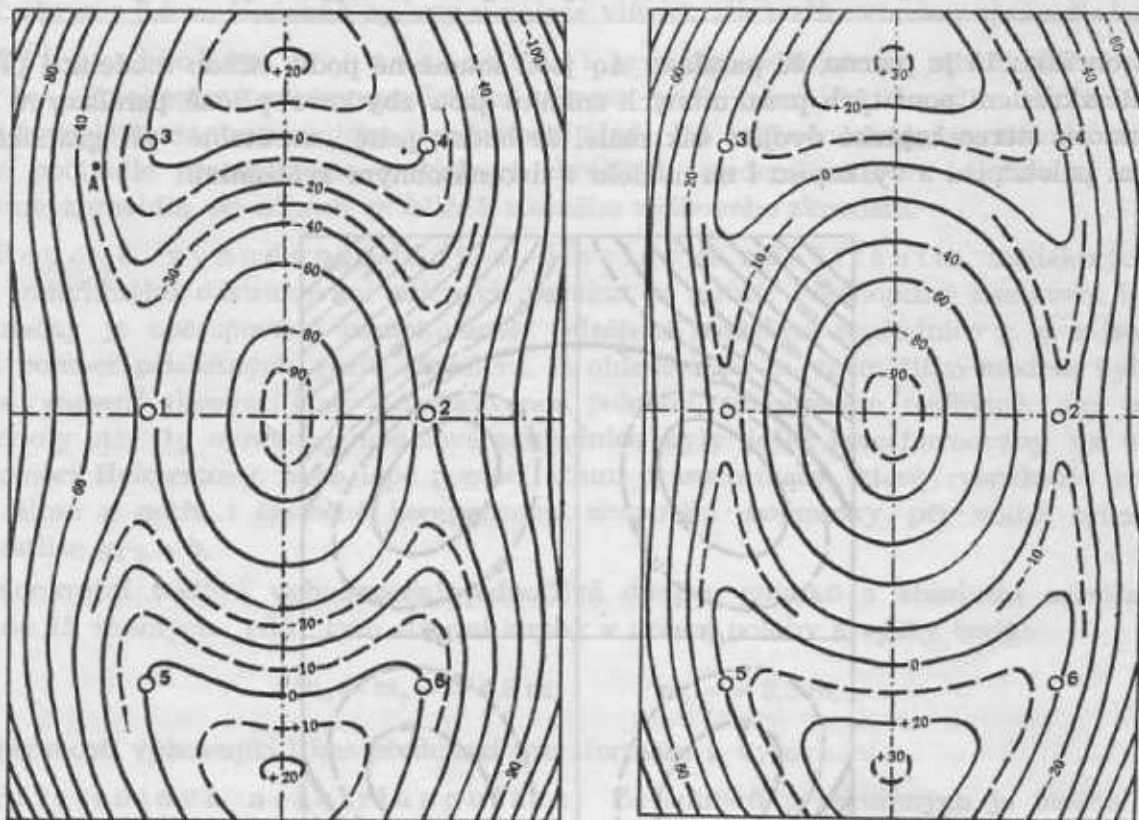
$$\Delta q = \Delta y_L - \Delta y_P$$

Celkové zkreslení Δy vlivem $D + R + Z + K + D$, pro levý snímek bylo vypočteno v tab. XV. Výpočet zkreslení Δy pro pravý snímek je obdobný (zkreslení vlivem $D + R +$

Tabulka XVIII. Celková deformace Δp podélných paralax
vlivem $D + R + Z + K$ na modelu měř. 1:100 000

y_{cm}	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7 cm
7	-108	-49	-13	+8	+18	+18	+8	-13	-49	-198 μm
6	-91	-34	-2	+10	+16	+16	+10	-2	-34	-81 μm
5	-72	-27	0	+2	-3	-3	+2	0	-27	-72 μm
4	-71	-31	-4	-16	-26	-26	-16	-4	-31	-71 μm
3	-76	-38	-16	-37	-53	-53	-37	-16	-38	-76 μm
2	-33	-48	-26	-54	-73	-73	-54	-26	-48	-83 μm
1	-98	-56	-35	-68	-85	-85	-68	-35	-56	-88 μm
0	-90	-59	-38	-72	-90	-90	-72	-38	-59	-90 μm
-1	-38	-56	-35	-68	-85	-85	-68	-35	-56	-88 μm

$+Z + D_v$ je stejné; odlišné hodnoty jsou u složky K v důsledku opačného znaménka sklonu $d\alpha_p = +9,7^\circ$). Uvážíme-li však, že výsledné zkreslení Δy musí být na obou snímcích zrcadlově



a) $p = 66,7\%$

b) $p = 60\%$

Obr. 14. Výškové zkreslení modelu (v mikrometrech) vlivem $D+R+Z+K$ při $H = 10$ km.

V měř. modelu 1:100 000 $\Delta p = 10 \mu m$ odpovídá $\Delta Z = 2$ m.

souměrné, je možno sestavit tabulku zkreslení Δy_p bez výpočtu – např. pro body s pořadnicí $y_L = y_P = 5$ cm – podle tohoto schématu:

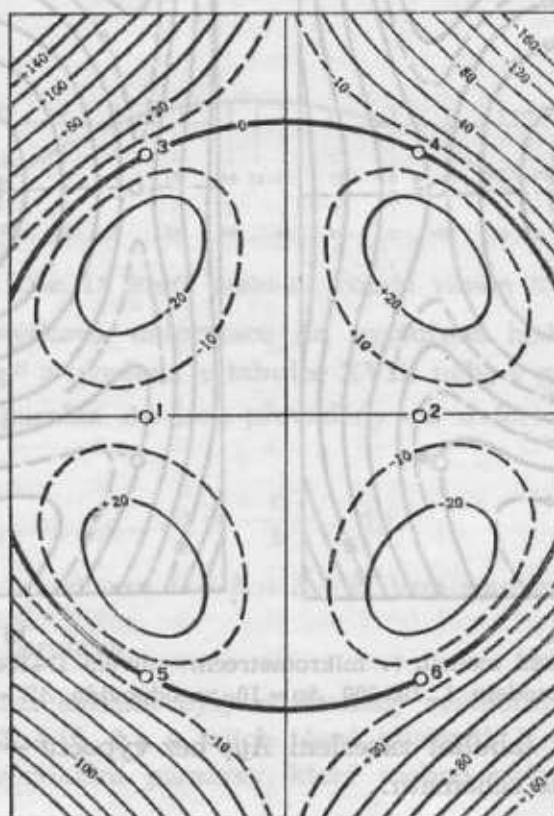
x_L	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7 cm
x_P	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2 cm
Δy_L	+100	+38	0	-7	0	+2	+2	0	+17	+45 μm
Δy_P	+45	+17	0	+2	+2	0	-7	0	+38	+100 μm
Δq	+55	+21	0	-9	-2	+2	+9	0	-21	-55 μm

Obdobně byly určeny Δy_D pro ostatní body a vypočtené zbytkové paralaxy Δq jsou seřazeny v tabulce XIX:

Tabulka XIX. Zbytkové vertikální paralaxy Δq v mikrometrech na modelu měř. 1:100 000

y_{cm}	Levý snímek $x_L =$									
	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7 cm
7	+162	+111	+72	+39	+10	-10	-39	-72	-111	-162 μm
6	+106	+67	+35	+17	+4	-4	-17	-35	-67	-106
5	+55	+21	0	-9	-2	+2	+9	0	-21	-55
4	+16	-10	-22	-19	-7	+7	+19	+22	+10	-16
3	-9	-26	-27	-20	-7	+7	+20	+27	+26	+9
2	-14	-23	-23	-16	-5	+5	+16	+23	+23	+14
1	-9	-14	-13	-7	-2	+2	+7	+13	+14	+9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	+9	+14	+13	+7	+2	-2	-7	-13	-14	-9

Z obrázku 15 je patrné, že paralaxy Δq jsou souměrné podle středu modelu; i přes velmi značné zkreslení použitých průzkumných snímků jsou zbytkové příčné paralaxy v užitečném prostoru stereoskopické dvojice tak malé, že budou ještě „snesitelné“ při grafickém vyhodnocení polohopisu a výškopisu i na modelu s dvojnásobným zvětšením.



Obr. 15. Zbytkové vertikální paralaxy Δq (v mikrometrech metrech) na modelu měř. 1:100 000

Příčné paralaxy působí ovšem vždy rušivě a jsou zdrojem polohopisných a výškových chyb. V případě, že jsou příliš velké, takže již výškové nastavení značky by bylo nepřesné, je nutno odstraňovat příčné paralaxy základnovou složkou *by* pravého projektoru a situační nastavení na měřeném bodě upřesnit monokulárním pozorováním levé značky. Při takovém

způsobu nastavování měřické značky sleduje vyhodnocovatel přesně jen průmět levého snímku, jehož zkeslení Δx a Δy je známé z grafů na obr. 12, a tudíž je snadno odstranitelné.

Při malých zbytkových příčných paralaxách na modelu (přibližně do 0,05 mm) je možný i tento postup. Příčné paralaxy neodstraňujeme; přitom předpokládáme, že na snímkovou situaci nastavujeme střední polohou obou měřických značek ve vertikálním směru. Pak odečtené modelové souřadnice y je nutno opravovat nejen o hodnoty Δy podle grafu na obr. 12b, ale navíc ještě o hodnoty poloviční příčné zbytkové paralaxy podle grafu na obr. 15, tj.

$$y' = y - \frac{1}{2} \Delta q.$$

Praktický postup při přístrojovém vyhodnocení průzkumných snímků

Při vzájemné orientaci jsou příčné paralaxy odstraňovány jen na orientačních bodech, jejichž poloha byla standardně volena pro podmínky, pro které byly konstruovány grafy zkreslení.

Při absolutní orientaci modelu je nutno vzít v úvahu výškové zkreslení u těch vlivovacích bodů, které se neztotožňují s polohou příslušného orientačního bodu. Tak např. u vlivovacího bodu A na obr. 14a je nutno pro horizontaci modelu opravit geodetickou výšku bodu o + 5,5 m. Obdobné opravy v poloze vlivovacích bodů nebudou zpravidla nutné.

Při grafickém vyhodnocování je možno odstraňovat místní příčné paralaxy pomocí by_p . Polohopisné opravy grafického zákresu podle zkreslení na obr. 12a a 12b jsou pro jejich malé hodnoty prakticky neuskutečnitelné. Při vyhodnocování vrstevnic musí být výškové počítadlo přestavováno o výškové zkreslení, uvedené na obr. 14. Kresbu vrstevnic provádíme zpravidla po zónách přibližně stejného výškového zkreslení.

Bodové vyhodnocování s číselným odečítáním modelových souřadnic. Individuální odstraňování příčných paralax je nutné. Polohopisné nastavení levé měřické značky je upřesňováno monokulárně. Odečtené modelové souřadnice x , y , z jsou opravovány pomocí příslušných grafů zkreslení. S ohledem na to, že měřítko modelu bylo upraveno na vynesené vlivovací body s neopravenou polohou, je naprosto nezbytné, aby odečtené a o hodnoty Δx , Δy opravené modelové souřadnice byly ještě transformovány na vlivovací body pomocí Helmertovy, nebo lépe pomocí afinní transformace, která respektuje rozdílnou srážku filmu a může i částečně kompenzovat nesplnění podmínky při volbě orientačních bodů, jestliže $y_{3-6} \neq b$.

Konkrétní bodové vyhodnocení jednotlivé dvojice snímků s absolutní orientací dalo v případě 15 známých „cílů“ tyto střední chyby v určení polohy a výšky bodů:

$$m_x = m_y = \pm 4,8 \text{ m}, \quad m_z = \pm 3,3 \text{ m},$$

tedy s přesností vyhovující i bez předchozí transformace a vyrovnání.

Přístrojová aerotriangulace. Ze snímků průzkumných je možno provést i aerotriangulace krátkých řad, jestliže před vlastním vyrovnáním budou připojeny k odměřeným modelovým souřadnicím příslušné opravy ze zkreslení. Podmínkou je dobrá kvalita letu a rovnoměrné podélné překryty. Úspěch AT je však především závislý na tom, zda se podaří dodržovat standardní polohu orientačních (navazovacích) bodů na každém snímku. Avšak i tato okolnost je u snímků z průzkumné komory AFP 20/30 poměrně příznivá, protože křivka zkreslení $(D + R + Z)_{red}$ na obr. 5 má na diapositivu své maximum poblíže radiální vzdálenosti $r = 70 \text{ mm}$, v níž byly voleny orientační body 4 a 6. Připustíme-li na orientačních bodech změnu zkreslení $\pm 5 \mu\text{m}$, pak na diapositivu je možno volit orientační body v radiálních odlehlostech r cca v rozsahu 65 - 78 mm, pořadnici y však jen v rozsahu 48 - 52 mm.

Grafy zkreslení (resp. grafy oprav s opačným znaménkem) jsou hotoveny na průhledném podkladě zpravidla v měřítku snímku. Jak vysvítá z rozboru, je výsledné zkreslení závislé - i při použití téže letecké komory - na výšce letu, velikosti podélného překrytu a na

poloze orientačních bodů. Proto i pro určitou komoru je nutno konstruovat pro pozměněné podmínky letu několik sad těchto grafů. Z jednotlivých vlivů (D, R, Z, K, D_v) je poměrně nejlabilnější vliv konvergence, neboť je odvozována z příčných paralax, které jsou velmi proměnlivé v závislosti na poloze orientačních bodů, na překrytu a jsou nahodile ovlivňovány nesymetrickým zkreslením, místními deformacemi filmu aj.

Jakou měrou působí změna jen jediné podmínky letu - a to změna podélného překrytu $p = 66,7\%$ na $p = 60\%$ - např. na výšková zkreslení, - je názorně ukázáno na obr. 14a a 14b.

Jestliže zkreslení komory a snímků není známo, je možno odvodit grafy zkreslení pro určitou komoru a pro určité podmínky letu (zejména výšku letu a podélný překryt) z pokusných snímků nad územím s velkým počtem (cca 100) daných bodů. Z proměření modelu a z výškových odchylek na daných bodech je možno vykonstruovat nejen výsledná výšková zkreslení na snímku vlivem $D+R+Z+K+D_v$, ale postupem zpětným určit i přibližnou distorzi komory.

Závěr o způsobilosti průzkumné komory AFP 20/30 pro měřické účely

Přesné přístrojové vyhodnocení snímků z průzkumné komory AFP 20/30, jakož i z jiných typů průzkumných komor a tím spíše snímků z komor měřických z velkých výšek je tedy na našich současných vyhodnocovacích strojích i bez kompenzačního zařízení možné a plně úspěšné, jestliže

- snímkový let má dobrou kvalitu,
- jsou k dispozici grafy deformací modelu, beroucí v úvahu mimo $D+R+Z+K+D_v$, i výšku letu a velikost podélných překrytů.

Rozbor modelových deformací i praktické výsledky ukázaly, že polohopisná přesnost průzkumných snímků z komory AFP 20/30 je pro běžná grafická vyhodnocení zcela vyhovující i bez zavedení oprav ze zkreslení. Naproti tomu výšková zkreslení jsou velká a deformace musí být opravovány.

Příprava grafů oprav je poměrně pracná, a proto nelze se nezmínit o jiných způsobech vyhodnocování snímků s velkým zkreslením:

a) velmi dokonale a rychle řeší úlohu číselného nebo grafického vyhodnocení jakýchkoli snímků (se známým zkreslením) nejnovější analytické nebo analyticko-analogové vyhodnocovací přístroje typu UAMC a APC. Tyto stroje nebudou však u nás v blízké budoucnosti k dispozici;

b) pro numerické určení omezeného počtu bodů je výhodný analytický výpočet s použitím samočinných počítačů;

c) pro numerické určení velkého počtu bodů a pro grafické vyhodnocení polohopisu a výškopisu zůstává v našich podmínkách nadále výhodné vyhodnocení analogo-grafické nebo analogo-numerické na dosavadních typech vyhodnocovacích strojů. Zkreslení snímků vlivem $D+R+Z$ je však účelné kompenzovat

- buď překreslením snímků na speciálních reduktorech,
- nebo mechanickou eliminací zkreslení až ve vyhodnocovacím stroji (viz např. Kern PG-1, adaptovaný SPR-2);
- nebo optickou eliminací zkreslení pomocí kompenzačních desek; tento způsob je v našich současných podmínkách ekonomicky nejvýhodnější.

Předpoklady pro měřické využívání novějších typů průzkumných komor

Pro účely průzkumu jsou používány mimo komoru AFP 20/30 i komory s dlouhými ohniskovými vzdálenostmi ($f = 30, 50, 75, 100$ cm) a novější komora AFP-02 ($f = 21$ cm, formát 18×18 cm).

Protože využívání průzkumných komor pro účely měřické bude v období výškových

letů a UDZ stále aktuálnějším jevem, musí být současná fotogrammetrická příprava geodetického zabezpečení vojsk zaměřena na zjištění fotogrammetrických vlastností těchto komor, jako jsou: definice a jakost vnitřní orientace, velikost a asymetrie zkreslení, kvalita urovnání filmu. Již při konstrukci a výrobě nových průzkumných komor měla by být uplatňována zejména tato fotogrammetrická hlediska:

- a) určitá definice a dobrá čitelnost rámových značek;
- b) nejmenší počet rámových značek jsou čtyři (např. komora AFP-02 má jen 3 rámové značky, což není dostačující ani pro konstantní centraci snímků v přístrojích, ani pro zjištění diferenční srážky filmu;
- c) objektivy musí dokonaleji - i při svém velkém zkreslení - splňovat požadavek na symetričnost radiálního zkreslení;
- d) závěrky komor musí umožňovat expozice podstatně kratší než dosavadní 1/200 s (možnost používání citlivých filmů zabrání škodlivému smazu a roztřesení obrazu);
- e) urovnání filmu během expozice musí být zkvalitněno.

K nejpoužívanějšímu typu průzkumných komor AFP-02 je nutno zajistit sadu kompenzačních desek pro kompenzaci zkreslení vlivem $D+R+Z$ při vyhodnocování jednak na stereoplanigrafech, jednak na autografech.

Obdobné sady kompenzačních desek - s odstupňováním podle výšky letu a zvětšení - jsou užitečné i pro překreslovače, aby překreslené snímky byly zbaveny zkreslení vlivem $D+R+Z$.

Literatura:

- Buchholtz, Photogrammetrie. Berlin 1960.
Hanák, Kompenzace zkreslení měřicích komor. VTO č. 2/1962.
Krátký, Příspěvek k teorii chyb vnitřní orientace. Geodet. a kartogr. sborník 1958.
Kudělásek, K otázce unifikace a standardizace fotogrammetrického instrumentaria. VTO č. 1/1964.
Leyonhuvud, On Photogrammetric Refraktion. Photogrammetria č. 9/1953.
Szangolies, Die Auswirkung von Refraktion und Erdkrümmung auf die Aerophotogrammetrie. Vermessungstechnik č. 4/1960.
Vykuřil, Geodetické zabezpečení vojsk v současných podmínkách. VTO-1961.

Inženýr Zdeněk Jelínek

Tisk z hliníkových předcitlivých desek - nový směr v ofsetovém tisku

V Topografickém obzoru č. 2 v r. 1962 uvedl jsem v článku „Použití předcitlivých desek v kartografické službě“ rozbor možností využití předcitlivých hliníkových ofsetových desek ve vojenské topografické službě. Dá se říci, že od r. 1958 jsou naše pracoviště jediná v republice, která trvale používají hliníkové desky formátů 60×60 cm a 70×60 cm. Kromě těchto desek se dosud používají předcitlivé kovolisty, jejichž využití i mimo armádu se zvětšuje. Ekonomické výhody využití tohoto materiálu se staly silou, která stále více protlačuje tento technologicky výhodný materiál na pracoviště, která využívají maloformátových strojů. Cenově je hliník zhruba 10krát levnější, než zinek a 3krát lehčí, takže manipulace s deskami je snazší. Podobné srovnání je u desek bi-tri-metalických.

Tiskové vlastnosti hliníkových desek jsou velmi dobré. Jemné zrno umožňuje dosáhnout tisků vysoké kvality a sama technologie přípravy desek přináší řadu ekonomických přínosů, takže dnes v západních kapitalistických zemích se hliníkové tiskové desky používají ve velkém měřítku a je možno říci, že prakticky vytlačily desky zinkové.

V ČSSR byly od r. 1960 používány dva druhy světlocitlivých materiálů: Diazolit (nyní Romalit) - výrobek n. p. Východočeské chemické závody - Rybitví u Pardubic a Azonal, který vyráběl n. p. Grafotechna. Ve VTS byl používán výhradně Diazolit.

Již tím, že byly u nás dva druhy výrobků pro touž technologii, vznikaly různé obtíže při jejich zavádění na pracoviště. Výrobci se snažili uplatnit každý svůj preparát a nevěnovali vůbec pozornost úpravě povrchu tiskových hliníkových desek ani jejich zcitlivování. Vznikly vleklé spory spíše komerčně administrativního rázu, ovlivňované různými osobními zájmy, takže místo rychlého uplatnění došlo k brzdění při zavádění tohoto nového druhu materiálu. Jestliže nebylo možné dosáhnout rychlého rozšíření předcitlivěných kovolistů, tím spíše vážlo rozšíření tiskových desek velkých formátů do polygrafických závodů. Velkou závadou také bylo, že světlocitlivé látky se vyráběly prakticky laboratorně, takže se jejich vlastnosti od sebe lišily, a nutily tak tiskaře k velké opatrnosti při jejich používání.

Tuto chaotickou situaci bylo nutno v co nejkratší době řešit. Bylo zjevné, že v rámci RVHP by bylo možné daleko dříve dospět k příznivému řešení, a proto vznikl státní úkol „Vývoj vrstvy pro prezincibilaci ofsetových a chemigrafických tiskových desek“, jehož řešením byl pověřen Výzkumný ústav polygrafický v Praze s ing. Fiedlerovou jako vedoucí pracovního kolektivu. V rámci RVHP spolupracoval na úkolu SSSR a MLR. Výzkumné polygrafické ústavy v SSSR a MLR byly pověřeny řešením dílčích částí tohoto úkolu, a tak vznikl rozsáhlý mezinárodní kolektiv pracovníků, zabývající se tímto úkolem až do dnešní doby. O práci tohoto kolektivu a výsledcích jeho výzkumu v oblasti prezincibilovaných hliníkových ofsetových desek chci čtenáře v tomto článku informovat.

Cílem není jen objasnění současné situace ve vývoji použití hliníku v ofsetovém tisku, ale i seznámení s problémy výroby předcitlivěných desek, jako např. s jejich poléváním, povrchovou úpravou apod. Zde nebylo prozatím mnoho učiněno, a třeba proto čtenáře seznámit s vývojem celé problematiky. Vždyť ani ve VTS, kde se předcitlivěné desky používají již od r. 1958. nemůžeme být plně s jejich využíváním spokojeni. Jde především o širší využití desek pro stroje formátů alespoň MT a VT, pro nátisk, pro malé a střední náklady (do 20 000). Konečné řešení úkolu bude mít však rozhodný význam i pro využití v armádě.

Z historického hlediska řešení úkolu je třeba se zmínit především o průběhu prací. Úkol byl v rámci RVHP rozdělen tak, že maďarská strana, zastupující hlavního výrobce hliníkových desek, pracovala zejména na jejich povrchové úpravě a na způsobu zcitlivování. Výzkum v ČSSR byl pověřen vyhledáním, případně vývojem světlocitlivé pozitivní i negativní vrstvy, které by bylo možno použít jak pro ofsetový tisk, tak i pro jiné techniky a technologie (chemigrafie, bimetal apod.). Důvodem k zařazení této části úkolu v ČSSR byla ta okolnost, že u nás jsou nejstarší a také nejbohatší zkušenosti s vývojem světlocitlivých látek a že jsme v rámci socialistického tábora jediní, kteří používáme předcitlivěných ofsetových desek vlastní výroby. Vývoj SSSR pracoval prozatím spíše v teoretické oblasti úkolu. Nelze přehlédnout sovětské zkušenosti při použití hliníku v polygrafii, neboť je známo, že právě v SSSR je v ofsetovém tisku hliník značně rozšířen, byť ne ve formě předcitlivěných desek. V r. 1965 přistoupil ještě jako partner vývoj polygrafie NDR. Jeho vývoj se soustředí na zcitlivování desek.

V r. 1963 při řešení úkolu probíhaly práce hlavně na ověřování dosavadních technologií s látkami Diazolit a Azonal, práce na vývoji negativní vrstvy, na zajišťování spolupráce se zahraničními partnery a na zajišťování výroby hliníkových fólií pro kovolisty v pásu. Aby bylo možné konečně přejít z laboratorní výroby světlocitlivé látky na provozní výrobu, byly nejprve vyzkoušeny obě dosud používané - Diazolit a Azonal. Výsledek šetření plně potvrdil stanovisko výzkumu VZÚ z r. 1959, který se již tehdy tímto problémem zabýval a určil jako stabilnější vrstvu Diazolit. Po řadě laboratorních i praktických zkoušek dospěli pracovníci VÚP (Výzkumný ústav polygrafický) k týmž závěrům, a proto v závěrečné zprávě doporučili k dalšímu zavádění a výrobě pouze světlocitlivou látku Diazolit (změněn její název na Romalit). Z tohoto důvodu nebude již dále n. p. Grafotechna vyrábět Azonal a přejme Diazolit na zpracování kovolistů pro potřeby rozmnožoven polygrafie.

Výzkumem dalších světlocitlivých látek jak pozitivních, tak i negativních byl v rámci státního úkolu pověřen Výzkumný ústav čistých chemikálií v Blansku. Tento ústav se prozatím hlavně zaměřil na vývoj negativní vrstvy na bázi polyvinylacetocinamátové a prakticky jej dokončil v r. 1965. Vrstva je určena pro využití v ofsetu podobně jako Diazolit nebo k přípravě bimetalických tiskových desek.

V letech 1964 a 1965 probíhaly již poloprovozní a provozní zkoušky tisku z hliníkových desek vyrobených v ČSSR, SSSR a MLR, zcitlivěných Diazolitem. Povrchová úprava desek vyrobených u nás a v SSSR byla provedena podle technologie VZÚ, tzn. obroušení pískem na jednokotoučové ruční brusce. Desky maďarské byly všechny již upraveny metodou anofsalovou. V rámci úkolu se povrchovou úpravou u nás zabývají pracovníci n. p. Adamovské strojírny, zejména v závodě Cvikov, kde již kromě dosud používané eloxáže mají vyvinut stroj na kartáčování fólií v pásu. Pro povrchovou úpravu desek velkých formátů až dosud není u nás vyvinut žádný stroj.

Zůstává skutečností, že k novému způsobu využití hliníku se světlocitlivými látkami zůstala technika povrchové úpravy i zcitlivování desek na úrovni úpravy ofsetových zinkových desek. Chce-li dnes některý tiskařský závod použít předcitlivěných desek, znamená to, že si musí technologii desek vyřešit sám ve vlastních podmínkách. Je to řešení neekonomické, avšak přesto ještě dostatečně výhodné. I za těchto podmínek totiž přináší využití jedné desky úspory proti hluboofsetu využívajícímu desek zinkových. Tak např. pro desku 60 × 60 cm činí úspora pro jedno použití 10 Kčs. Tato skutečnost se prozatím ani do konce r. 1965 vůbec nezměnila.

V rámci plnění státního úkolu podnikli na pozvání Výzkumného polygrafického ústavu v Budapešti pracovníci VÚP studijní cestu do Maďarska, aby se seznámili s technologií zaváděnou v maďarské polygrafii. Této cesty se účastnili i příslušníci VTS.

V MLR se již delší dobu pracovníci polygrafického výzkumu zabývali aplikací hliníku v ofsetovém tisku. Řešili současně dva problémy. Jednak povrchovou úpravu desek a jednak, když sami začali provádět výzkum světlocitlivých látek k přípravě presenzibilace, také ovrstvování desek. I oni došli k názoru, že klasický způsob zcitlivění, tj. polev v odstředivém bubnu, je vysoce neúspěšný, a proto, pokud jde o světlocitlivou látku, také drahý. Světlocitlivé látky se při polevu v bubnu spotřebuje 100%, ale využije pouhých 10–20% - ostatní část vlivem odstředivé síly odteče s desky. Je sice možno odstředěnou látku znovu regenerovat, ale není již vhodné použít ji na velké desky, nýbrž jen pro zcitlivění kovolistů. Je to proto, že může v bubnu dojít k znečištění látky, a také proto, že bezpečné určení koncentrace regenerovaného roztoku je z provozního hlediska zdlouhavé. Nikdy není zaručeno, že látka v bubnu nebyla již částečně osvětlena nebo znečištěna.

Z těchto důvodů se výzkum jak v MLR, tak v ČSSR a NDR zaměřil na vývoj vhodného ovrstvovacího zařízení. Až dosud však nikde nebyl překročen rámec poloprovozních zkoušek.

Základním předpokladem pro dosažení kvalitních tisků a vysokých nákladů je rovná a dokonale zpracovaná hliníková deska bez vlisovaných nečistot, bez zvlnění, síly 0,4–0,8 mm. Tyto podmínky musí být splněny v každém případě a je třeba říci, že hlavně okolnost, že výrobky byly zvlněné, brání dosud u nás širšímu uplatnění velkoformátových desek. Je nutné, aby technologie výroby polygrafických hliníkových desek byla našim hutním průmyslem dokonale zvládnuta, nebo, jak je plánováno, přešlo se na materiál dovážený z MLR v co nejkratší době.

Chemické složení hliníku resp. jeho čistota ovlivňuje jeho vlastnosti. Tak např. obsahuje-li měď a zinek, je méně odolný proti korozi. Naopak příměsi hořčíku, křemíku a zvláště titanu jsou v určitých množstvích vítané, neboť činí hliník tvrdým. Stupeň tvrdosti nesmí být ovšem překročen, protože by tak vznikaly potíže válcování plechů a zpracování desek v tiskárně.

Povrchovou úpravu hliníkových desek je možno provádět několika způsoby. Ve VTS je od r. 1958 používán způsob ručního broušení povrchu jemným pískem na jednokotoučové brusce s plstěným kotoučem. Jako brusiva se používá jemného prosátého adršpašského písku.

Doba potřebná k úpravě povrchu jedné desky je pro formát do 70 × 100 cm 10 minut. Způsob je jednoduchý a dává uspokojivé výsledky pro náklady do 15 000 tisků. Jestliže je deska dobře zpracována, je dosti těžké způsob úpravy poznat. Povrch je hladký, bez znatelného zrna. Tento způsob broušení vyžaduje velkou pracovní zkušenost. Každá nerovnoměrnost ve velikosti a tvrdosti brusných zrn nebo snížení a zvýšení tlaku při broušení má za následek vznik rýh, jež jsou způsobovány brusným kotoučem.

Kromě mechanického broušení je možno ještě povrch desek upravovat otryskáváním, kartáčováním, elektrolyticky a chemicky. Všechny tyto způsoby byly ve výzkumu zkoušeny. Dosud nejpoužívanější způsob je elektrolytický. Druhým způsobem určeným zejména pro kontinuální úpravu hliníkových fólií z rolí pro výrobu kovolistů je kartáčování. Další způsoby se pro kontinuální výrobu příliš nehodí. V rámci RVHP bylo dohodnuto, že ČSSR bude pro země soc. tábora vyrábět tiskové kovolisy opatřené presenzibilací. Proto vyvinuly Adamovské strojírný n. p. zařízení, které umožňuje opracování povrchu fólii kontinuálně, takže v nejbližší době bude výroba tímto způsobem zahájena. Je možno říci, že tento úsek výzkumu a vývoje je dokončen.

Otázka výroby a úpravy velkých tiskových desek je však pro polygrafický průmysl důležitější. V tomto směru realizace úpravy desek však nechá na sebe ještě delší čas čekat. Není totiž ani dnes úplně jasno, které techniky by bylo pro centrální úpravu desek nejvýhodnější použít.

Pro úplnost je třeba se ještě zmínit o zrnění hliníkového povrchu běžným způsobem, tj. brusivem spolu se steatitovými kuličkami. Tento způsob je zcela nevhodný proto, že je hliník příliš měkký, vzniká proto příliš hrubé zrna a to ovlivňuje kvalitu tisku. Ostré špice zrna totiž na sobě zachytí jen nepatrné množství světlocitlivé látky, takže při tisku po velmi krátké době dochází k mechanickému odření ostrých hran zrna, kresba není sytá, kvalita se zhoršuje.

Budeme-li se zajímat o chemické a fyzikální vlastnosti upraveného povrchu tiskových desek nebo kovolistů, tu zjistíme, že chování hliníku je vždy stejné. Jde zejména o značnou reaktivnost kovu s kyslíkem za přítomnosti vody (třeba jen ve formě vodní páry). Okamžitě se na povrchu vytváří slaboučká vrstva hydrátu kysličníku hlinitého. Tato vrstvička lpí pevně na povrchu kovu a chrání jej před další oxidací. Na vlastnostech tohoto produktu oxidace jsou pak závislé další pochody (hydrofilnost, schopnost přijímat hydrofobní látky), pro něž je hliníková deska používána.

Velmi zajímavý způsob elektrochemické úpravy povrchu hliníkových tiskových desek vyvinuli a patentovali pracovníci polygrafického výzkumu v MLR. Použili ji na desky velkých formátů. Práci značně zmechanizovali a později i zautomatizovali, takže lze hovořit o kontinuální lince na úpravu povrchu tiskových hliníkových desek. Pro upravené desky vyvinuli speciální epoxidový tiskový lak a desky takto zpracované nazvali „anofsalovými“.

Poněvadž je o tento způsob značný zájem a bylo by možné předpokládat v rámci RVHP i dovoz těchto desek z MLR, je třeba podrobněji celou technologii povrchové úpravy desek popsat a vysvětlit. Jsou při tom využity zkušenosti z jmenované studijní cesty i praktické zkušenosti v našich provozech.

Jak již bylo uvedeno, je hliník kov, který se snadno okysličuje (oxiduje). Vzniklý kysličník pak chrání kov před další oxidací. Vlastnosti takto vzniklého kysličníku hlinitého z hlediska tiskuschopnosti nejsou výhodné. Daleko výhodnější má vlastnosti kysličník uměle na povrchu připravený.

Jsou dvě cesty jeho přípravy: *chemická a elektrolytická*.

Při chemickém postupu se působí na hliník solemi chromu při teplotě 50–100°C. Vznikne vrstvička kysličníku tloušťky asi 5 mikronů. Její chemická a mechanická odolnost je podstatně nižší než kysličníku připraveného elektrolyticky. Proto ani její tiskové vlastnosti nejsou takové.

Bylo zjištěno, že při elektrolytickém anodickém okysličení hliníku vzniká pórovitá vrstvička kysličníku hlinitého, mající téměř tvrdost korundu. Korund je krystalický kysličník hlinitý. Takto uměle připravený kysličník dokonale chrání kov před dalšími chemickými vlivy.

Pro srovnání je uvedena tabulka podle Mohse pro citované materiály:

	stup. tvrdosti
hliník 99,5 ⁰ / ₀	2
měď	3–4
Anodický Al ₂ O ₃	7–8
korund	9
diamant	10

Anodická oxidace je děj elektrochemický, kdy na anodě je zavěšena tisková deska, katodou je hliník umístěný proti desce v lázni zředěné anorganické kyseliny. Na anodě se vylučuje na kov kysličník hlinitý vzniklý působením vyvíjejícího se kyslíku. Tento děj vzniká působením stejnosměrného proudu. Vrstva kysličníku je nevodivá. Jestliže je napětí tak vysoké, že překoná izolační odpor kysličníku, pronikne přes původní vrstvu kysličníku, a tak vznikne kanálek, na jehož dně se opět vytvoří působením elektrolyzy nový kysličník. Tímto způsobem se vysvětluje poréznost kysličnickové vrstvy, která je tak důležitá pro soudržnost s tiskovou vrstvou.

Anodická oxidace se zásadně liší od běžného elektrolytického pochodu při pokovování, kdy kov se vylučuje z elektrolytu na katodě. Předmět, který se pokovuje je rovněž na katodě. Z chemického hlediska je anodická elektrolyza oxidací - vylučuje se kysličník, kdežto běžný galvanický proces redukcí - vylučuje se kov.

Vytvořenou vrstvičku kysličníku hlinitého je třeba z hlediska tiskuschopnosti desky považovat za nejdůležitější. Její vlastnosti jsou dány několika veličinami: velikostí kanálů (pórů), výškou naneseného kysličníku hlinitého, výškou vrstvy kysličníku na dně kanálků a charakterem vytvořeného kysličníku. Čím větší šíře kanálků v kysličnickové vrstvě, tím je z hlediska tisku lepší adsorpce tiskového laku a tím i dokonalejší soudržnost při tisku. Je však naopak zmenšena mechanická odolnost vůči otěru při tisku, kdy je výhodnější uzavřenější povrch oxidové vrstvy s malými kanálky. Výzkumní pracovníci maďarského polygrafického ústavu v Budapešti vycházeli z obou těchto důležitých vlastností i požadavků kladených na desku a volili kysličnickovou vrstvu tak, aby bylo zachováno optimum jak spojení desky s lakem, tak mechanické vzdornosti vůči otěru při tisku.

Při studiu oxidových povrchů utvořených na hliníkových deskách byly vymezeny tři hlavní druhy povrchů:

I. skupina obsahuje povrchy s viditelnou strukturou a kanálky makroskopických rozměrů.

II. skupina je soustavou s kanálky viditelnými jen velkým zvětšovacím mikroskopem.

III. skupina pak obsahuje kanálky a štěrbinu viditelné pouze v elektronovém mikroskopu.

Na základě tohoto rozdělení bylo možno vysvětlit chování jednoho a téhož laku při tisku na deskách s různým zrnem. Tiskový lak jakéhokoli složení, tedy i světlocitlivá vrstva, např. Diazolit, obsahuje látky s rozličnou velikostí molekul. Tato velikost pak hraje důležitou roli při adsorpci na povrchu desky a tím i soudržnosti laku s hliníkovou deskou, což je zvláště důležité pro výši nákladů.

Dnes se na světovém trhu vyskytují hlavně dva typy desek s kysličnickovou povrchovou úpravou: desky svým zpracováním odpovídající první skupině a desky s vrstvou odpovídající třetí skupině. První typ má mikroskopickou strukturu povrchu a kapilár a používá se běžně na kovolisty.

Druhý typ má povrchovou strukturu velice jemnou, mikroskopicky neviditelnou. Takový povrch má znamenité adsorpční vlastnosti, pro mikromolekulární látky (např. voda). Povrch je proto hydrofilní. Naproti tomu nesnadno adsorbuje makromolekulární látky, které jsou obsaženy v tiskových lacích. Povrch je vytvořen kysličníkem hlinitým. Aby určitá místa na takové desce přijímala barvu, toho se dosáhne tím, že se kysličník hlinitý na takových místech odleptá a tiskový lak se váže k čistému hliníku.

Jak je vidět, existují při povrchové úpravě dva extrémy: jeden schopný udržet tiskový lak, ale zato s málo odolnou hydrofilní vrstvou. Druhý s dokonalou hydrofilností, ale s malou soudržností tiskového laku s deskou. Maďarští pracovníci při řešení metody „anofsal“ volili kombinaci obou způsobů, čímž docílili výrazného zlepšení kvality tisků a zejména velkého zvýšení počtu výtisků, jež se pohybuje podle jejich údajů od 150 000 tisků výše.

Povrchová úprava desky je rozdělena na dvě etapy. V první se vytvoří na povrchu měkká adsorpční vrstva kysličníku I. a II. skupiny s omezeným výskytem kysličníku skupiny III. V druhé etapě se vytvoří tvrdý povrch kysličníku skupiny III. Jemnost povrchu je ovšem dána prvním zrněním.

Vlastní technologie přípravy tiskových desk anofsal se skládá z těchto pracovních pochodů: 1) moření desek, 2) praní vodou, 3) neutralizace, 4) elektrolytické zrnění, 5) anodická oxidace, 6) praní vodou, 7) neutralizace, 8) sušení.

1) Moření

Provádí se proto, že je nutné před vlastní úpravou zbavit povrch desky kysličníků a všech jiných nečistot. Provádí se v lázni 10–15% roztoku hydroxydu sodného při teplotě 30–40°C. Hliník se v tomto roztoku rozpouští. Tvoří se hlinitan sodný a uvolňuje se vodík. Vliv na rozpouštění hliníku má jak koncentrace hydroxidu, tak i pracovní teplota. Je proto nutné obě veličiny stále kontrolovat. Doba působení roztoku je 3–8 minut.

2) Praní vodou

Po moření se deska dokonale promývá proudící vodou, čímž se odstraní většina hydroxidu.

3) Neutralizace

Působení a pozdější vliv hydroxidu je nutné odstranit neutralizací. Provádí se v 10–12% roztokem kyseliny dusičné. Doba působení kyseliny je 20 minut. Kyselina působí nejen jako neutralizátor, nýbrž také rozpouští i nečistoty, které se nerozpustily v hydroxidové lázni.

4) Elektrolytické zrnění

Probíhá jako předešlé postupy ve vaně vyložené vinidurem (PVC). Desky jsou volně zavěšeny v lázni 0,7% kyseliny dusičné a je do nich uváděn střídavý elektrický proud pod napětím 12 V o hustotě 1–1,3 Amp na 1 dm². V lázni a na deskách přitom probíhá normální elektrolýza, ovšem tak, že v jedné sekundě se změní 50× náboj elektrod, tj. desky se stanou 50× kladnými a 50× zápornými. Přitom se vždy na katodě (deska nabitá kladně) vylučuje plynný vodík, který uniká v podobě bublinek z roztoku. Na anodě se po odevzdání záporného náboje spojí iont NO₃'s hliníkem, vytvoří dusičnan hlinitý, který je ve vodě rozpustný a klesá ke dnu. Jak už bylo řečeno, probíhá tento děj vzhledem k 50násobné změně polarity za sekundu na obou deskách současně, desky se rozpouštějí a jejich povrch se stává zrnitý. Přitom vlivem proudění bublinek vodíku nastává i proudění kapaliny (elektrolytu). Vodík by strhával při odchodu z vody do vzduchu kyselinu a to se zamezuje pěnovou clonou. Přitom se koncentrace kyseliny neustále kontroluje, neboť má vliv na velikost vytvořeného zrna.

Desky se ponechávají v lázni tak dlouho, až je celý povrch rovnoměrně ozrněn. Delší doba by způsobila nadměrný růst velikosti zrna. Při tomto pochodu je třeba mít dostatečné provozní zkušenosti, aby bylo dosaženo dokonalé rovnoměrnosti zrnění povrchu desek. Na kvalitu má ještě vliv teplota lázně při elektrolyze, hustota elektrolytu, proudová hustota a unikající vodík. Se stoupající teplotou by nastalo nadměrné rozpouštění hliníku, a proto je nutné roztok chladnou vodou neustále udržovat v rozmezí teploty 18–20°C. Hustotu elektrolytu lze dobře laboratorně kontrolovat, a roztok se proto neustále upravuje na optimum. Teplota a koncentrace mají vliv na proudovou hustotu, která, jsou-li obě předešlé veličiny stabilizovány, se nemůže měnit. Jinak vzrůstá, čímž se zvětšuje zrno. Značné potíže může způsobit při zrnění unikající vodík. Ten vytváří na povrchu dosti hustou clonu, která pak zamezuje dobrý přístup elektrolytu k povrchu desky, a tím vzniká nerovnoměrnost zrnění. O těchto skutečnostech se tu hovořilo proto, aby si mohl čtenář učinit představu o poměrné složitosti tohoto pochodu.

5) *Anodická oxidace*

Anodická oxidace je dalším pokračováním zpracování povrchu tiskových desek. Probíhá v roztoku 15% kyseliny sírové při teplotě kolem 20°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) při napětí 11 V stejnoměrného proudu o hustotě 1 Amp na dm^2 . V tomto případě je anodou zavěšená tisková deska, katodou hliníkový plech. Elektrolytický děj probíhá podobně jako při el. zrnění, pouze s tím rozdílem, že na katodě se trvale vylučuje vodík, na anodě pak vzniká tvrdý kysličník hlinitý na zrnu z předešlé lázně. Kysličník hlinitý vzniká tím, že na anodě se vylučuje kyslík, ten ihned reaguje s hliníkem a vytváří kysličník. Je to kysličník tvrdý, jak již bylo uvedeno, a patří svou strukturou do III. skupiny, tj. jeho struktura a póry jsou tak nepatrné, že je lze pozorovat pouze elektronovým mikroskopem. Na kvalitu povrchu mají vliv tytéž veličiny, jako v předešlém procesu. Tak např. prodlouží-li se doba oxidace nad normální mez, vytvoří se vrstva, která tak dokonale váže citlivou chromovanou vrstvu, že ji nelze z desky odstranit bez nebezpečí poškození povrchu žádným mechanickým způsobem. Celkem optimální doba pro povrchovou úpravu v obou lázních je 12–20 minut.

Podle sdělení vynálezců tohoto způsobu je schopna takto upravená deska dosáhnout nákladu 150 000 a výše. Dokonce je uváděno maximum 300 000 tisků. Vše ovšem za předpokladu využití vhodného tiskového laku, který způsob anofsal doplňuje.

6) *Praní vodou* - 7) *Neutralizace* - 8) *Sušení*

Po elektrolytických pochodech následuje dokonalé omytí vodou, pak neutralizace slabým roztokem hydroxidu sodného a nakonec sušení.

Takto zpracovaný povrch hliníkových desek je nejen zdrsněn, ale je potažen velice jemnou vrstvičkou kysličníku, která jej chrání jednak před další nežádoucí oxidací a za druhé při tisku před mechanickým otěrem. Je samozřejmé, že k dosažení dobré kvality tisku je zapotřebí, aby deska byla ozrněna rovnoměrně a tak, jak odpovídá požadavkům vpředu uvedeným. Pro posouzení výsledků úpravy povrchu jsou v MLR vypracovány dvě kontrolní metody. Jedna využívá elektronického přístroje Gama typ 2335 (výrobek fy. Orion MLR). Tento přístroj se skládá z měřicí hlavičky a vlastního zesilovacího zařízení - je schopen měřit i ty nejmenší povrchové nerovnosti. Při měření se hlavičkou přístroje pohybuje po povrchu desky po přímce libovolným směrem, hrot hlavičky přechází přes jemné nerovnosti povrchu desky a výsledkem měření je určité číslo na stupnici, na němž se ustálí ručička ukazatele.

Druhá metoda je založena na adsorpční mohutnosti eloxovaného povrchu desky. Používá se speciálního, ve vodě rozpustného modrého barviva, které zabarví zrněný povrch desky podle kvality méně nebo více sytější modře. Byla vypracována stupnice, na které lze snadno podle sytosti modrého zabarvení zařadit zkoušený vzorek podle kvality. Provozně se nezkouší každá deska, nýbrž vždy určitý kus. Celý pochod zrnění je automatizován a je pro něj vybudován v Budapešti nový závod, který by měl být schopen podle slov výrobců nejen plně zásobit maďarskou polygrafii, ale i zčásti vývoz do naší republiky a jiných zemí.

Druhou součástí způsobu anofsal je použití speciálního tiskového laku při kopírovacím procesu. Ten se v podstatě neliší příliš od způsobu využívaného na pracovištích VTS. Je používán chromovaný roztok polyvinylalkoholu, kterým se zcitliví hliníková deska v odstředivém bubnu cca při 80 otáčkách za minutu. Po zaschnutí se deska osvětlí v kontaktu s dia pozitivem jako podkladem. Vyvolávání se provádí proudící vodou. Místo polyvinylalkoholu je také používán roztok chromované arabské klovatiny. Postup polevu i další zpracování jsou shodné se způsoby užívanými u VZÚ a VKÚ. Vyvolává se chloridovou vývojkou. Na rozdíl od zpracování desek zinkových po vyvolání se kresba nezahluhuje. Následuje retuš a sušení. Nakonec na připravenou desku se nanáší vatovým tampónem vypalovací epoxidový lak a deska se vloží do sušárny na 5 minut při teplotě cca 120°C. Působením tužidla při této teplotě epoxidová pryskyřice utuhne a dokonale přilne ke kysličníkové vrstvě, do níž se také vlivem mikropórů vpije. Aby nebyl výsledný film laku příliš tvrdý, kombinuje se ještě epoxy pryskyřice s chlorkaučukovou pryskyřicí, která dodá laku příslušnou pružnost. Po zatvrdnutí laku se deska zaprašuje klouzkem, zabarví ochrannou tiskovou barvou a pak se vloží do vany, kde se vodou odstraní barva i lak z netisknoucích míst. Tvrzený PVA se smývá 10–20% kys. dusičnou, utvrzená arabská klovatina vodou. Deska se opláchne a konzervuje. Jen spojení anofsalové desky s epoxi lakem zaručuje podle vynálezců tak vysoké náklady.

Je samozřejmé, že se již uvažovalo i v MLR o možnosti presenzibilace anofsalových desek. Pokusy se nyní provádějí nejen v Maďarsku, ale i v našem polygrafickém průmyslu. Výsledky využití různých světlocitlivých látek vhodných pro předcitlivění (např. čs. Diazolit, maď. Alazol, Fotorezol) nejsou ještě v této době známé. Snahou je docílit s těmito deskami tisků nákladů do výše alespoň 60 000.

Způsob anofsal představuje z polygrafického hlediska značný krok vpřed. Kromě výhod má však též své nevýhody. Anofsalovou desku je možno použít pouze jednou. Po ukončení tisku se desky vyřazují. To může být v mnoha případech i brzdou při použití tohoto materiálu. Jestliže je deska využita k vysokým nákladům, pak je samozřejmé, že tato okolnost není rozhodující, ale uvážíme-li využití těchto materiálů např. pro potřeby VTS pro nátisk apod., pak je třeba důkladně zvážit celý tento postup. I v Maďarsku jsou si pracovníci výzkumu vědomi této nevýhody a snaží se ji řešit oboustranným zrněním povrchu, a tím i dvojnásobným použitím. Je však dosti problematické právě dvojí využití desky, která je vystavena nešetřnému zacházení v tiskárně, takže hrozí nebezpečí poškození hotové kopie. Z toho je vidět, že zavádění nové technologie není bez potíží a čeká na řadu dalších úprav.

Zcitlivování desek

O problému zcitlivění hliníkových desek po povrchové úpravě byla zmínka již v úvodní části. Je třeba říci, že dosud není vyřešen. Dodnes při běžné technologii používaný způsob polevu v odstředivém bubnu není ani dokonalý (nezaručuje rovnoměrnost citlivé vrstvy), ani ekonomický (odpad 80 % světlocitlivé látky). Jsou ještě další možnosti, jak desky ovrstvit: elektrostatické nanášení, namáčení (ponožování), nepřímý tiskový přenos, způsob štěrbinového nanášení a zcitlivění smáčenou textilní vložkou. Laboratorně byly u nás, v MLR a NDR zkoušeny všechny způsoby. Některé byly zavrženy pro možnost exploze (elektrostatické nanášení), jiné proto, že nezaručují dostatečnou rovnoměrnost, nebo že jsou určeny pro husté roztoky (např. štěrbinu). Jako nejvýhodnější způsoby k realizaci zůstaly - namáčení a způsob nepřímého tiskového přenosu a polev smáčenou textilní vložkou. Na vývoji zcitlivovacích zařízení se intenzívně pracuje (u nás n. p. Adamovské strojírně). V MLR řešili tento problém způsobem namáčecím a dokonce již vypracovali prototyp zařízení. Způsob z ekonomických důvodů předpokládá zcitlivění desky z obou stran. Na druhém zařízení se pracuje v NDR laboratorně. Současně se provozně nezkouší ani jediný z uvedených způsobů, a mají-li se vůbec předcitlivěné desky používat, zůstává jedině polev v odstředivém bubnu. Lze předpokládat,

že se ještě určitou dobu udrží. Dnešní stav v ČSSR je takový, že polygrafické závody čekají na předání úplné technologie presenzibilovaných desek od VÚP, a protože problém není dosud uspokojivě vyřešen, vůbec presenzibilaci v ofsetovém tisku nevyužívají. VTS je dosud od r. 1958 jediným uživatelem a propagátorem tohoto nového způsobu.

Vývoj nás nutí, abychom využili co nejdříve a v největší míře nové, ekonomické metody zaváděné v ofsetovém tisku. Z toho, co bylo uvedeno, si lze učinit představu o dnešním stavu a o nejbližším vývoji v tiskárnách VTS i čs. polygrafie. Je přirozené, že vývojem zařízení pro úpravu tiskových desek a jejich zcitlivění není tato problematika uzavřena. To se týká i dnes používaných světlocitlivých látek. Zavedením výhodných předcitlivěných hliníkových desek v co nejširší míře pro nátisk a nízké a střední náklady v ofsetovém tisku jak v čs. polygrafickém průmyslu, tak i ve VTS bude položen základ k efektivnějšímu způsobu využití ofsetového tisku. Dokladem toho je skutečnost, že využíváním tohoto materiálu se ročně ušetří jen ve VTS nejméně 50 000 Kčs za rok a to pouze při omezeném použití desek na strojích OP I a MT s podstatným (300%) zvýšením produktivity práce. Při ekonomické studii provedené Výzkumným ústavem polygrafickým v Praze bylo zjištěno, že ze všech již jmenovaných metod zpracování hliníkových desek je zatím nejvýhodnější technologie používaná ve VZÚ. To však neznamená, že by nebylo možné pro případy větších nákladů i zde zavést dokonalejší techniku.

Aby bylo možno si představit důležitost problému využití hliníku pro potřeby polygrafie pro naše národní hospodářství, jsou dále uvedena nejdůležitější fakta zjištěná ve jmenované ekonomické studii VÚP. Využitím kovolistů zcitlivěných Diazolitem podle údajů n. p. Adamovské strojírně vznikne rozmnožovně na 1 000 kovolistů úspora 500 Kčs. Při zvýšené spotřebě tohoto materiálu, tj. 600 000 kusů ročně jen v tomto oboru, vznikne úspora 300 000 Kčs. Pro desky velkých formátů pak je možno srovnávat např. cenové náklady na přípravu zinkové a hliníkové tiskové desky těchto formátů (52 × 72 cm) zpracované klasickým způsobem nebo u hliníku předpreparací (způsob VZÚ):

cena zinkové desky	214,16 Kčs
cena hliníkové desky	38,56 Kčs
Úspora	<u>175,60 Kčs</u>

Předpokládá se desetinásobné využití obou desek.

Velmi zajímavé výsledky vznikají srovnáním technologických variant: klasické zpracování zinkové desky, předcitlivěné hliníkové desky, technologie „Anofsal“ pro 1 m²:

zinková deska ofsetová	15,04 Kčs
hliníková deska předcitlivěná Diazolitem	20,72 Kčs
hliníková deska s povrchovou úpravou anofsal	77,54 Kčs

Je vidět, že zpracování desek metodou anofsal je značně nákladné a úsporné je jen při vysokých nákladech. Jestliže se provede výpočet celkových úspor vzniklých použitím hliníkových předcitlivěných desek v čs. polygrafickém průmyslu oproti zinkovým ofsetovým deskám, tu při předpokladu roční spotřeby 37 000 kopií a při desateronásobném využití desek, kdy vzniká pro jednu kopii úspora 34,32 Kčs, činí celkové úspory 2 286 000 Kčs. Předpokládá se výkon ofsetové zinkové desky 25 000 tisků a hliníkové desky 15 000 tisků.

Zajímavý je vývoj ceny 1 kg světlocitlivé látky Diazolitu od r. 1958. Původní cena byla 3500 Kčs za 1 kg v laboratorní výrobě. Předáním výroby látky chemickému průmyslu klesla cena v r. 1965 na 875 Kčs. Lze předpokládat, že při zvýšení odběru této látky se cena ještě sníží. Tato příznivá skutečnost zmenšuje finanční efekt při ztrátách vzniklých odstředěním při zcitlivování desek.

Z těchto několika čísel daných ekonomickou studií VÚP si lze učinit jasný úsudek o nutnosti zavést novou technologii co nejdříve a v co nejširším měřítku.

Během let 1964 a 1965 proběhly ve VZÚ zkoušky s anofsálovými deskami. Z Maďarska byly dodány k vyzkoušení hotové kopie připravené anofsalovou metodou (tj. eloxovaný povrch + epoxi lak). Tisk probíhal na stroji MT na vysoce nekvalitním papíře. Bylo dosaženo z jedné desky nákladu 36 000 tisků. Toto číslo je menší, než jak uváděli maďarští výzkumníci. Je třeba ovšem vzít v úvahu mnohonásobné vymývání desky ve stroji vynucené prášením nekvalitního papíru.

Při dalších zkouškách již byly používány desky maďarské výroby s anofsalovou povrchovou úpravou zcitlivěné ve VZÚ Diazolitem. Výsledky zkoušek nebyly jednoznačné. Některé desky dávaly dobré výsledky, na jiných se vyskytly závady. Tak např. na některých tiskových maticích se vyskytly chyby (prázdna místa), které se dosud nepodařilo objasnit, neboť podle vzhledu kopie byly bezvadné. Tato závada nebyla způsobena nestejnou tloušťkou desky (0,4 mm). Naopak při proměření bylo zjištěno, že desky jsou v tomto směru vysoce kvalitní, neboť tolerance v síle nepřekročila $\pm 0,003$ mm.

Byla vyzkoušena i možnost regenerace použitých anofsálových desek a ukázalo se, že je možná, čímž se odstranila jednoúčelovost.

Lze se domnívat, že by bylo vhodné pro další rozšíření presenzibilovaných desek ve VTS lépe poznat jejich vlastnosti. Toho se nedocílí, jestliže se jich neustále bude používat pouze pro určitý druh nenáročných tisků. Je třeba přejít na tisky náročné. K tomu, aby bylo možno sledovat všechny výhody tohoto pracovního procesu a porovnat je s pracovním procesem dosavadním (tj. s technologií zinkových desek), je zapotřebí, aby jeden tiskový stroj (např. MT) trvale využíval technologie presenzibilovaných desek. Osmileté používání tohoto materiálu si tento návrh přímo vynucuje. Jen tak bude možno v dohledné době přejít na technologii pro tisk nákladů do 20 000 tisků, na kterou již před časem přešla většina zahraničních západních tiskáren.

Použitá literatura:

Závěrečná zpráva VÚP 22/64

Zpráva o vyvinutí metody „Anofsal“ (Nyomdaipari kiserleti uzem es laboratorium Budapest, 1962).

Bořivoj K o u b a, VZÚ

Rytí map ve Vojenském zeměpisném ústavu

I. Úvod

Všechny státy s vyspělou kartografií nahrazují dosud užívané způsoby zhotovení kartografických originálů novou progresivnější metodou, rytím kartografických originálů.

Proč se tato nová metoda začíná užívat, když z kreslených originálů vznikla hodnotná a kvalitní díla?

Kartografická kresba má některé nedostatky a nevýhody, které jsou příčinou zavádění nových metod. Především klade vysoké kvalitativní i kvantitativní požadavky na fotoreprodukční a litografické práce. Pro kresbu se vyžaduje kvalitní papír a tuš. Papír, který není naprosto hladký (póry, vyvýšeniny), má záporný vliv na ostrost kresby. Kvalitu papíru ovlivňuje i jeho máčení. Nekvalitní tuš vytváří neostrou kresbu, šedá tuš vyžaduje dodatečné a pracné opravy při reprodukci. Při kresbě je velmi obtížné dodržet předepsané dimenze kreslených prvků. Proto se velmi často pracuje ve zvětšeném měřítku.

Tyto nedostatky kresby odstraňuje rytí za předpokladu, že je použit vhodný technologický postup, vhodné rycí vrstvy, vhodné rycí podložky a pomůcky. Proto byla metoda rytí zkoušena a zdokonalována i ve Vojenském zeměpisném ústavu. Práce probíhají prakticky od

r. 1958. Byly zkoušeny některé rycí podložky a vrstvy. Ve Vojenském zeměpisném ústavu se používají k rytí jak skleněné podložky, tak fólie z plastických hmot. Protože sklo má některé nevýhody, větší váhu a lámavost, užívají se stále ve větší míře plastické hmoty.

Autor článku se všech zkušebních prací od začátku zúčastnil a považuje za vhodné seznámit se svými zkušenostmi pracovníky ostatních ústavů, což je cílem článku.

2. Používané materiály a pomůcky

Rycí vrstva

V současné době používáme jen transparentní hnědé rycí vrstvy, neboť při rytí je nutná stálá kontrola vyrývaných prvků. Byly pochopitelně také zkoušeny netransparentní, to jest rycí vrstvy krycí, ať bílé, šedé nebo jiné barvy. Kontrola rytých prvků bez prosvětlení je velmi obtížná. Rytí provádí „na slepo“. Proto také jako i v jiných státech bylo upuštěno od rytí do krycích vrstev a používá se transparentní vrstva s prosvětlením. Hnědá barva je nejvhodnější pro kopírování.

Rycí vrstva Vojenského zeměpisného ústavu

1 díl asfaltového laku na železo A-1 000, 10 dílů benzínu, změkčíme několika kapkami strojního nebo jiného oleje.

Asfaltový lak používáme proto, že samotný Rylak odprýskává a vryp není tak kvalitní. Také při smytí zůstává, je-li použit jen Rylak, načervenalý nádech na fólii. V některých státech je jako rycí vrstva používán jen asfaltový lak. I ve Vojenském zeměpisném ústavu byl v začátcích převzat asfaltový lak podle receptu SSSR. Lak po několika dnech vysychal a vryp nebyl kvalitní. Nanesením Rylaku zůstává asfaltový lak stále vláčný, neboť vosk obsažený v Rylaku zamezuje vysychání. Asfaltový lak je dobrým pojídkem mezi fólií a Rylakem. Složení Rylaku: upravený hydrovosk + polyvinylalkohol.

Nanesení rycí vrstvy na podložku

Do středu podložky nalejeme trochu asfaltového laku a papírovou vatou rozetřeme po celé ploše. Do potřených částí se již nesmíme papírovou vatou vracet, neboť asfaltový lak velmi rychle vysychá a papírová vata by v laku zanechala kousky, které by při rytí vadily. Po zaschnutí asfaltového laku nanese Rylak, a to buď politím nebo štětcem. Nejlepší způsob je nanést ho politím a nechat doschnout na mírně nakloněné ploše. Nanesení Rylaku štětcem používáme u prací, kde se bude rýt jen na části plochy podložky. Rylak roztíráme plochým širokým štětcem jedním směrem. Po zaschnutí prvního nátěru provedeme další nátěr kolmo na první. Rylak nanášíme slabými vrstvami na sebe, nejvýše však jen tři vrstvy. Hustý nános by nám zavinil praskání a odlupování vrstvy. Štětec, kterým Rylak nanášíme, musí být čistý. Špatně vymytý štětec zanechá v nátěru krupičky. Ideálního hladkého povrchu docílíme jen politím.

Asfaltový lak nehraje žádnou roli, je-li nanesen silněji nebo v slabší vrstvě. Když je však v asfaltovém laku málo oleje nebo vůbec žádný, pak se může stát, že při rytí lak v okrajích vyryté části odprýskává nebo při ohnutí podložky může odprýskávat i v celých ploškách.

Rylak nesmí tvořit velké rozdíly ve vrstvě, to jest nesmí být na některých místech vrstva slabá a jinde naopak vrstva silná. V místech s příliš slabou vrstvou se může při začernování stát, že ultralak tuto slabou vrstvu naleptá a zanechá na fólii žluté nebo šedé skvrny. To se může stát, je-li natírací štěteček ultralakem přesycen, nebo k tomu může dojít také tehdy, vyprchají-li těkavé látky obsažené v ultralaku a pomalým usycháním má čas Rylak naleptat. Rylak obsahuje mimo hydrovosk také polyvinylalkohol, a je-li v příliš silné vrstvě, může nastat při rytí odprýskávání. Samo rydlo způsobuje, že při silnější vrstvě Rylak v okrajích vrypu odprýskává. Vzhledem k tomu, že některá rydla jsou zbroušena do klínu, okraje zachycují za vrstvu a někde ji mohou odloupnout. Tento případ může nastat

i tehdy, když se příliš na rydlo tlačí a to ryje i do podložky. Pak dojde nejen k odloupení laku, ale rozšiřuje se i rytá čára. Toto rozšíření je nežádoucí, zvláště když z rytiny pořizujeme pozitivní kopii.

Po začernění ultralakem musíme pečlivě proti světlu, nejlépe proti oknu, prohlédnout začerněné prvky, aby byly černé. Pak teprve přistoupíme k smytí rycí vrstvy. Nejdříve papírovou vatou a benzínem odstraníme ultralak z rycí vrstvy, pak vodou a tvrdším kartáčkem odstraníme vrstvu Rylaku. Papírovou vatou setřeme vodu s rozpuštěným Rylakem. Nakonec papírovou vatou a benzínem odstraníme zbytky asfaltového laku. Někdy se stane, že nám zůstane na fólii načervenalý nádech. Ten odstraníme vodou a papírovou vatou. Asfaltový lak musí být benzínem úplně smyt, jinak voda načervenalý nádech neodstraní.

Rycí strojky

Nejznámějším a také nejpoužívanějším rycím strojkem je trojnožka. Ve VZÚ používáme trojnožky z plexiskla. Volnoosý nástavec pro rydlo se otáčí mezi dvěma kuličkovými ložisky. Dva opěrné body tvoří otáčivé kuličky v zadní části strojku, třetím bodem je rydlo.



1



2



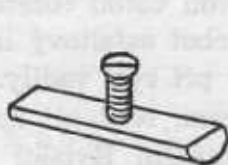
Gram. jehla v „padací“ tužce

Rydlo zbroušené do kulata

Rydlo zbroušené do plošky

Obr. 1.

Obr. 2.



3



4

Jednostopé rydlo

Dvoustopé rydlo

Obr. 3.

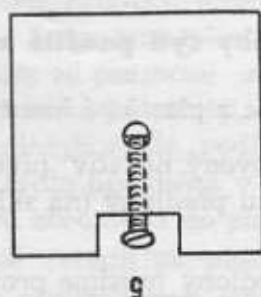
Obr. 4.

Tímto strojkem ryjeme všechny dvoučaré i jednočaré značky (silnice, železnice, vrstevnice ap.). Pro rytí čarových prvků nám postačí rydlo zasunuté do padací tužky (krajón). Pro rytí kroužků používáme převážně šablony z plexiskla. Sílu čáry kroužku určujeme broušením rydla, a to buď do kulata (obr. 1) nebo plošky (obr. 2). Nejlacinější a přitom hodnotné rydlo nám tvoří gramofonová jehla. Pro rytí čarových prvků zbrousíme jehlu ze dvou stran do síly potřebné pro značku. Jehlu zasuneme do „padací“ tužky a pomocí pravítka ryjeme přímé čarové prvky.

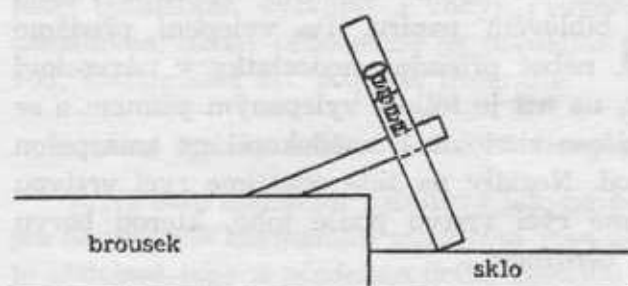
Do rycích strojků používáme rydla ze stříbrné 2 mm oceli. Pro jednostopé prvky si můžeme rydlo zhotovit sami. Nařežeme nebo štípacími kleštěmi odštípeme asi 2 cm dlouhé kousky. Na brusce zbrousíme z jedné strany asi do poloviny. Nad ohněm ocel povolíme. Zahřívání provádíme tak dlouho, až ocel zčervená. Rydlo pak můžeme lépe opracovat. Rydlo zbrousíme do klínu (obr.3). Toto zbroušení provedeme i na druhé straně, neboť rydlo využijeme pro dva rozměry. Jedna strana rydla například 0,30 mm a druhá strana 0,10 mm ap. Ke konečnému zbroušení použijeme kamenné brousíky (Arkansas, Mississippi ap.). Před ko-

nečným broušením rydla na kameni rydlo středně zakalíme. Nad ohněm jej necháme, dokud nezčervená (třešňová červeň), a rychle ve vodě ochladíme.

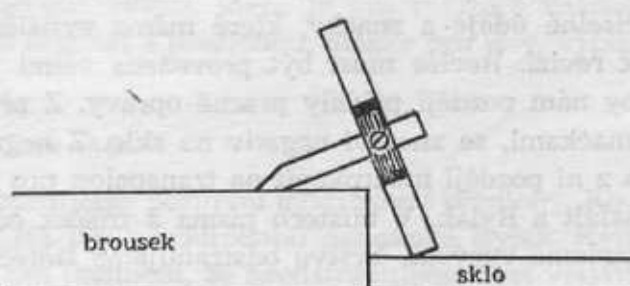
Pro dvoustopá rydla musíme mít v ploše rydla drážku (obr. 4), a to podle rozměru značky. Například silnice-světlost 0,40 mm, drážku rydla musíme mít 0,40 mm širokou. Rydlo zbrousíme podobně jako jednostopé, svrchu a ze stran do rozměru předepsaného příslušné mapové značce. Drážka musí být nejméně 0,30 mm hluboká, aby se při zbroušení svrchu utvořilo dvoustopé rydlo. Po zbroušení rydla nám poslouží jednoduchá pomůcka (obr. 5).



Obr. 5. Pomůcka pro broušení rydel



Obr. 5a



Obr. 5b

Vliv rydla na méně kvalitní rytí

Abychom měli kvalitní výsledek, musíme mít dobře připravená rydla. Jednostopá rydla používáme ve volnoosé nebo pevné trojnožce, v „padací“ tužce nebo pevně zasunutá ve dřevě. Ve volnoosé trojnožce musí rydlo tvořit s dalšími dvěma body rovinu. Je-li rydlo nad rovinou nebo pod ní, v zatáčkách neproryje na levé nebo pravé straně rycí vrstvu, a tím zaviní, že po začernění a odmytí, v místech zákrutů, dostaneme nekvalitní potrhanou čáru. Musíme proto při každém nasazení rydla nejdříve vyzkoušet, zda rydlo je v rovině. Přendáváme-li rydlo do druhé volnoosé trojnožky, musíme nejdříve přejet po brousce, abychom rydlo upravili do roviny vzhledem k dvěma pevným bodům trojnožky. Rydlo musí utvořit čistý vryp v každém směru zatáčení. Pak teprve přistoupíme k rytí na originálu. Vzhledem k tomu, že při rytí volnoosou trojnožkou používáme čisté fólie jako podložku pro dva pevné body (tyto dva pevné body by nám mohly porušit vyryté části), nesmíme proto zapomenout při přejetí po kamenném brousce tuto fólii také podložit. Máme také některé volnoosé trojnožky upraveny pro rytí na fóliích, a to tím způsobem, že záchyty pro rydlo jsme poněkud odklonili vzhledem k ose, a to odklonem od směru tahu rydla. Tím máme jistotu, že nám rydlo neryje do fólie, a můžeme také použít mírného tlaku k lepšímu vedení. U volnoosých trojnožek, kde tento odklon nemůžeme provést pro nebezpečí zlomení osy, přibrousíme rydlo u rycí části. Zvlášť pečlivě musíme postupovat u dvoustopých rydel, kde větší šířka rydla vyžaduje naprostou rovinu. Při odkládání musíme dbát na to, abychom nesrazili stranu rydla. Proto je třeba při nekvalitním prorývání přesvědčit se lupou, zda je rydlo v pořádku. Ryjeme-li přímkové čáry podle pravítka s rydlem v „padací“ tužce, musíme mít stále stejný sklon ruky, aby rydlo rylo celou ploškou. Odklon zavinuje neprorytí na té nebo oné straně. Rydlo pro vyrývání podle pravítka si musíme také upravit. Rydlo musíme na straně dotyku zabrousit, aby hrana rydla nezachytávala o pravítko.

Obavy některých pracovníků, že rytí na prosvětlovacích stolech škodí zraku, jsou nepodstatné. Zraku škodí přímé oslňování. Prosvětlovací stoly musí být upraveny tak, aby skutečně neoslňovaly. Stoly ve Vojenském zeměpisném ústavu jsou velmi dobře řešeny. Mají dvě zářivky, které jsou v přední a zadní stěně stolu shora kryty 10 cm širokou dřevěnou obrubou. Mléčné sklo vytváří měkké, neoslňující osvětlení. Používá se jen jedna zářivka v přední části stolu.

3. Způsoby rytí použité ve VZÚ

Kombinace rytí na sklo a na fólie z plastické hmoty

Pro rytí na skle využijeme zhotovený negativ předlohy. Základní charakteristika pracovního postupu: Do vrstvy na negativu předlohy (na skle) ryjeme polohopis a výškopic. Vody ryjeme do vrstvy na plastické fólii.

Před zhotovením negativu z předlohy musíme provést nalepení písma všech barev a nalepení značek, které nemůžeme vyrýt. Na předlohu upevníme lepící páskou oboustranně hlazenou transparentní fólii z plastické hmoty. Na tuto fólii lepíme lihovým lepidlem písmo, číselné údaje a značky, které máme vytištěny na biblovém papíru. Po vylepení předáme k revizi. Revize musí být provedena velmi pečlivě, neboť případné nedostatky v názvosloví by nám později přidaly pracné opravy. Z předlohy, na níž je fólie s vylepeným písmem a se značkami, se zhotoví negativ na skle. Z negativu dáme zhotovit 1 hnědokopii na transpalon a z ní později modrokopii na transpalon pro rytí vod. Negativ na skle opatříme rycí vrstvou asfalt a Rylak. V místech písma a značek odstraníme rycí vrstvu podle toho, kterou barvu budeme vyrývat. Vrstvu odstraňujeme štětečkem a benzínem.

Postup rytí polohopisu:

1. Vyrytí zrcadla mapy (rydlo v „padací“ tužce).
2. Dvoučaré komunikace a železnice (volnoosá trojnožka).
3. Průjezdy v obcích a průseky v lesích (trojnožka a „padací“ tužka).
4. Značky domů (jednostopé rydlo v „padací“ tužce, šířka rydla podle značkového klíče).
5. Kroužky (pomocí šablony kulatým rydlem v „padací“ tužce nebo kroužkovačem).
6. Cesty, elektrické a telefonní vedení a ostatní čarové prvky (rydlo v „padací“ tužce).
7. Tečky (tečkovačem nebo pomocí šablony).
8. Terénní stupně (rydlo v „padací“ tužce).
9. Rám mapy a síť (rydlo v „padací“ tužce).

Po revizi se zhotoví hnědokopie polohopisu na transpalonu. Na hnědokopii je ještě možno opravit nebo i doplnit názvosloví; dáme si je zhotovit na celofán. Pak se z této hnědokopie zhotoví černokopie na plastické fólii. Retuš a opravy černokopie si provede kartograf sám. Černokopie tvoří podklad pro tiskovou desku.

Rytí výškopisu

Negativ na skle, na kterém jsme vyryli polohopis, zatřeme opět Rylakem (nepoužijeme ovšem asfalt) a pak odstraníme rycí vrstvu z míst číselných údajů výškopisu.

Postup rytí výškopisu:

1. Vyryjeme zesílené vrstevnice (rydlo ve volnoosé trojnožce).
2. Vyryjeme základní vrstevnice (volnoosá trojnožka).

Jestliže jsme neměli vylepeny terénní stupně, vyryjeme je vždy jako první.

Po revizi a opravách předáme rytinu výškopisu ke zhotovení černokopie. Retuš a opravy si provede sám kartograf. Černokopie výškopisu tvoří podklad pro tiskovou desku.

Z hnědokopie původního negativu předlohy dáme na hladkou stranu transpalonové fólie zhotovit, stranově obrácenou modrokopii. Před zamodřením se štětečkem a ultralakem začerní názvosloví, značky a číselné údaje pro vody. Pak se teprve provede zamodření a smytí citlivé vstvy. Na fólii máme v modré barvě předlohu s černými údaji pro vody. Na této straně opatříme fólii rycí vrstvou (asfalt a Rylak).

Postup rytí vod:

Nejdříve se vyryjí břehovky (moře, rybníky, jezera) a dvoučaré toky, a to kulatou jehlou v „padací“ tužce (gramofonová jehla). Jednočaré toky vyryjeme rovněž kulatou jehlou v „padací“ tužce, a to tak, že začneme s rytím od pramene a zvyšujícím tlakem ruky vytváříme pozvolné zesílení ryté čáry. Neryje-li jehla již silněji, vyměníme ji za jehlu, která je zbroušena na širší rozměr, a pak za stále silnější rydla podle potřeby. Nestačí-li pro širší vyrytí již jehla v „padací“ tužce, použijeme rydla upevněná v trojnožce. V tomto případě jsou rydla upravena tak, že místo zakulacení jsou zbroušena do plošky. Vody ryjeme s podložením černokopie polohopisu, abychom je správně zavedli na mosty, propustě ap. Po vyrytí lícovacích znamének rytinu začerníme štětečkem a ultralakem. Rycí vrstvu smyjeme vodou a benzínem. Vyryté a začerněné vody tvoří podklad pro tiskovou desku. Všechny tři vyryté prvky slícujeme (polohopis, výškopis a vody). Provede se konečná revize, která je pro revizora značně usnadněna, neboť přiložením na předlohu porovná originál s předlohou. Masky pro lesy, výplň vod, komunikací ap. provede litografie.

Jiný způsob nakopírování předlohy pro rytí na skle

Na sklo nanese se asfaltový lak, na něj nakopírujeme pozitivní modrokopii předlohy. Kopie se provede normálním způsobem jako na fólii. Na lak s modrokopii nanese se Rylak. Rytí je obdobné jako u předcházejícího způsobu jen s tím rozdílem, že neodstraňujeme rycí vrstvu v místech názvosloví. Po vyrytí polohopisu zhotovíme hnědokopii na plastickou fólii. Hnědokopii připevníme k předloze. Názvosloví, značky a číselné údaje, které máme na celofánu, lepíme přímo do hnědokopie. V tomto případě musíme v místech nalepení odstraňovat části polohopisu, aby nezasahovaly do vylepených údajů. Z hnědokopie se pak pořídí černokopie, podklad pro tiskovou desku. Písmo, značky, číselné údaje na celofánu nebo filmu můžeme také vylepít na čistou fólii pro polohopis, výškopis i vody a pomocí masek vkopírovat do černokopii.

Kombinovaný způsob rytí a kreslení

Polohopis se kreslí v pracovním měřítku, výškopis a vody se ryjí v měřítku vydání.

Kombinovaného způsobu použijeme při zpracování odvozených map, kde není upravena předloha a kartograf musí provádět vlastní předkreslování vzhledem ke generalizaci.

Z předlohy se zhotoví dva negativy: první ve zvětšeném měřítku a druhý v měřítku vydání. Ze zvětšeného negativu zhotovíme modrokopii na zajištěný kreslicí papír pro kresbu polohopisu. Z negativu měřítka vydání zhotovíme dvě modrokopie na plastické jednostranně matované fólie, a to pro rytí výškopisu a vod. Kartograf nejdříve provede tužkou generalizaci vrstevnic na zdrsňené straně fólie a pak se hladká strana opatří rycí vrstvou. U řídkého výškopisu použijeme k vyrytí všech vrstevnic volnoosé trojnožky. Zesílené vrstevnice ryjeme zásadně volnoosou trojnožkou, a to i v hustých částech výškopisu. Základní vrstevnice v hustých částech můžeme vyryt kulatou jehlou zasazenou v „padací“ tužce. Kulatého rydla k rytí výškopisu může použít jen kartograf dobře zapracovaný. Při vyrývání kulatou jehlou musí být stále stejný tlak na rydlo. Změna tlaku mění silu čáry. Rytí výškopisu je časově úsporné proti kresbě.

Je vhodné před rytím vylepít písmo jednotlivých barev. Pak dostaneme po vyrytí a začernění přímo podklady pro zhotovení tiskových desek. Usnadňuje se i revize.

Polohopis se po vykreslení zmenšuje do měřítka vydání. Vody se ryjí až po zhotovení

černokopie polohopisu, aby bylo zaručeno lícování vod do situace. Nakonec se provede slícování všech prvků a nutné opravy.

Kombinací rytí a kreslení je možno provádět různě, záleží na přípravě a zpracování podkladů, které dostane kartograf. Byl použit i způsob, kdy polohopis byl vykreslen na zajištěný kreslicí papír v pracovním měřítku, výškopis se ryl v pracovním měřítku a vody byly vyryty v měřítku vydání. Pro rytí výškopisu byl použit negativ předlohy. Po vyrytí se zhotovila černokopie na korektostat, do ní se vylepily číselné údaje. Vody se ryjí zásadně v měřítku vydání.

Vyrytí mapy LHC 1 : 5 000

Kartograf obdrží dva transpalony. Na jednom je na matné straně tužková kresba polohopisu černě a vodstva modře. Na druhém je tužková kresba výškopisu.

Hladkou stranu transpalonu opatříme rycí vrstvou. Rytí provádíme stranově obráceně. K rytí polohopisu používáme rydla zasunutá v dřevěné násadce, jednostopá i dvoustopá, neboť tato mapa má jen přímé čáry, které se ryjí podle pravítka. Kruhy a kroužky ryjeme kulatými rydly pomocí šablon. Vyrytý polohopis začerníme a rycí vrstvu smyjeme. Pak na matnou stranu přiložíme fólii transpalonu. Na tuto fólii vylepíme názvosloví a číselné údaje, které jsou na filmu nebo celofánu. Vylepené údaje dáme vkopírovat do vyrytého a začerněného polohopisu. Kartograf provede retuš a opravy. Fólie tvoří podklad pro zhotovení tiskové desky polohopisu.

Transpalon s vrstevnicemi, které jsou rovněž vykresleny na zbrošené straně, opatříme na hladké straně rycí vrstvou. Nejdříve vyryjeme kulatou jehlou a pomocí šablony číselné údaje. Zesílené vrstevnice i vrstevnice základní vyryjeme rydlem ve volnoosé trojnožce. Po začernění a smytí rycí vrstvy dostaneme podklad pro zhotovení tiskové desky vrstevnic.

Vody, které jsou zakresleny v modré tužce na fólii s polohopisem, vyryjeme na další fólii opatřenou rycí vrstvou tak, že ji lepicí páskou připevníme k vyrytému polohopisu a kulatou jehlou v „padací“ tužce ryjeme. Po začernění a smytí rycí vrstvy máme další podklad pro tiskovou desku vod.

Tímto postupem se zhotovené tiskové předlohy stávají převážně dílem kartografa.

Rytí topografických map 1 : 10 000

Z negativu topografického originálu se zhotoví hnědokopie a z ní tři nečitelné modrokopie na transpalonu pro rytí situace, vrstevnic a vod.

Rytí polohopisu provádíme tak, že všechny rovné prvky jednočaré i dvoučaré vyryjeme pomocí pravítka, ostatní nerovné prvky volnoosou trojnožkou (silnice, železnice, cesty ap.). Člankované značky, např. cesty, průseky ap., ryjeme bez přerušování a až po začernění je škrabkou přerušujeme. Kroužky (značky lesů, křoví ap.) vyryjeme kulatou jehlou pomocí šablon. Tečkování provádíme kulatou jehlou zasunutou v „padací“ tužce. Tečky vypichujeme mírným tlakem. Po začernění jsou tečky bezvadně kulaté. Tento způsob tečkování je nejen rychlý, ale hlavně kvalitní. Slabé čáry musíme vyrývat řeznou jehlou. Kulatá jehla vzhledem k nestejnému tlaku ruky nemůže vyrýt rozměrově stejné čáry. Po vyrytí polohopisu, začernění a smytí rycí vrstvy máme podklad pro tiskovou desku.

Vrstevnice vyryjeme rydlem ve volnoosé trojnožce. Po začernění a smytí rycí vrstvy dostaneme podklad pro tiskovou desku.

Vody ryjeme kulatými rydly, přitom pod fólii podkládáme vyrytý polohopis. Zhotovené originály přecházejí k dalšímu zpracování v litografii a ve fotoreprodukci.

Nemáme-li předem vylepeno písmo, postupujeme obdobně jako u map 1 : 5 000, to jest nalepíme písmo z filmů nebo na celofánu na čistou fólii. Názvosloví lepíme pro každou barvu zvlášť: na jedné fólii pro polohopis, na druhé výškopis a na třetí pro vody. Potom se provede slícování písma s rytinou polohopisu a s ostatními prvky mapy. Překryty se odstraňují odškrábáním.

Rytí atlasových map

Při výrobě Československého vojenského atlasu bylo použito rytí pro vody, vrstevnice a komunikace a to v měřítku vydání. Vojenskohistorická nástavba, názvosloví, železnice a signatury sídlišť byly vykresleny a vylepeny.

Pro předlohu byly použity originální mapy příslušného státu. Z předlohy se zhotovily dva negativy. Jeden s částí geografickou i s vojenskohistorickou nástavbou ve zvětšeném měřítku pro kresbu, druhý pouze s geografickou částí v měřítku vydání pro rytí.

Z prvního negativu byla zhotovena modrokopie na zajištěný kreslicí papír, z druhého modrokopie na transparentní fólii pro rytí vod, výškopisu a silnic. Na tuto modrokopii byla nanášena rycí vrstva. Rytí bylo tedy prováděno stranově obráceně. Na tuto fólii byly vyryty vody. Čárové prvky, pobřeží a jednočaré vody kulatým rydlem v „padačí“ tužce, dvoučaré toky dvoustopým rydlem zasazeným ve volnoosé trojnožce. Izobaty se ryly šicí jehlou zasazenou v „pikýrce“.

Po vyrytí lícovacích znamének, začernění a smytí rycí vrstvy byly dokopírovány po zmenšení kresleného originálu pomocí masky názvy vod, které byly nalepeny společně s názvoslovím ostatních barev na kresleném originálu. Pak jsme nanášeli na další fólii rycí vrstvu, podložili ryté vody a vyryli jsme vrstevnice a komunikace podle modré kopie na rytině vod. Vrstevnice byly ryty šicí jehlou zasazenou v „pikýrce“. Dvoučaré i jednočaré silnice byly vyryty rydlem zasazeným v trojnožce. Po začernění jsme dostali velmi kvalitní vrstevnice i komunikace a zároveň podklad pro tiskovou desku.

U některých mapek, kde byly vrstevnice a hloubnice vyryty šicí jehlou, byl uplatněn ke zhotovení hypsometrie a batymetrie slupovací lak vyvinutý v našem ústavu.

Postup zhotovení masek pomocí slupovacího laku

Kartograf vyryl břehové čáry vod a hloubnice. Rytina se začernila a rycí vrstva se smyla. V kopírně zhotovili stranově obrácenou černokopii na transparentní fólii. Vyrytá část se opět zakryla transparentní rycí vrstvou a doryly se zbývající jednočaré vody. Podobným způsobem se postupovalo u vrstevnic. Byly vyryty vrstevnice a barevná stupnice. Tato část se opět začernila, rycí vrstva se smyla a rytina byla vkopírována do černokopie s hloubnicemi a břehovkami. Fólie s vrstevnicemi se opět opatřila rycí vrstvou a doryly se komunikace.

Z černé soukopie hloubnic a vrstevnic se zhotovila kopie na fólii se slupovacím lakem. Po vyvolání byl pomocí lihu odleptán lak v místech kopie. Nakonec bylo provedeno zamodření (pro lepší kontrolu při slupování). Po odmytí citlivé vrstvy jsme dostali slupovací lak s vyleptanými vrstevnicemi, hloubnicemi a břehovkami. Celou plochu jsme zatřeli Rylakem a pak se teprve přistoupilo ke slupování.

Maskování vod

Nejprve se obryla lícovací znaménka a odstranil se lak v místech největší hloubky v barevné stupnici a mezi hloubnicemi ohraničujícími rovněž největší hloubku. Pak se zhotovila čitelná hnědá maska (hnědokopie). Z této masky byla zhotovena černokopie, a to buď rastr nebo plná podle redakčních pokynů. Kartograf sloupil další vrstvu a to až k hloubnici, označující menší hloubku. Rovněž byl lak sloupen z barevné stupnice. Po zhotovení další hnědé masky se obdobně pokračovalo až k břehovce, kde byl společně s touto vrstvou odstraněn lak také v jezerech, rybnících.

Maskování hypsometrie

Nejdříve se obrylo kulatou jehlou podle pravítka zrcadlo mapy a barevná stupnice. Pak se lícovací znaménka začernila a lak se sloupil mimo zrcadlo mapy. Slupovací lak byl nyní jen v místech země. Tak dostaneme masku pro první barvu hypsometrie. Nutno podotknout, že na barvu prvé vrstvy hypsometrické stupnice se tisknou barvy dalších vrstev.

Z této masky se zhotoví již přímo černokopie, a to zase podle určení buď rastrová nebo plná. Dále byla sloupnuta další vrstva až k vrstevnici, která určovala větší výšku. Zbylý lak nám tvořil další masku, z níž byla zhotovena černokopie pro tisk další vrstvy. Tak se postupovalo u ostatních barev. Zároveň se slupovala okénka příslušné barvy v barevné stupnici. Tyto masky se zhotovovaly polomechanicky. Přitom licování bylo přesné, neboť jedna barva navazovala beze zbytku na barvu druhou.

Našeho slupovacího laku můžeme široce využít, neboť se dá dobře leptat a proti jiným slupovacím lakům se dá do něho dobře rýt gramofonovou jehlou v „padací“ tužce. Lak se rozleje na fólii a během deseti minut můžeme začít pracovat.

Rytí automapy 1 : 400 000

Podkladem pro rytí automobilní mapy nám byly tisky topografických map měřítko 1 : 100 000, které byly namontovány na fólie. Oboustranně hlazené fólie byly opatřeny rycí vrstvou (asfalt a Rylak) a lepicími páskami upevněny k namontovanému podkladu. Nejdříve byla vyryta barva černá. Dálnice byly vyryty trojstopým rydlem zasazeným ve volnoosé trojnožce. Silnice I., II. a III. třídy byly ryty rydly dvoustopými zasazenými ve volnoosé trojnožce. Železnice a ostatní spojovací cesty byly ryty jednostopými rydly rovněž ve volnoosé trojnožce. Průjezdy a bloky velkých měst byly vyryty rydlem v „padací“ tužce. Po vyrytí černé byly ryté prvky začerněny ultralakem a rycí vrstva se smyla. Na průsvitném papíru byly po přiložení na namontované topografické mapy tužkou vykresleny vrstevnice a inkoustem vody, které byly pro automobilní mapu vybrány (podklad pro rytí). Pak se na další fólie opatřené rycí vrstvou vyryly vody s podložením vyryté černé a vrstevnice s podložením vyrytých vod. Návosloví bylo lepeno přímo na fólii s vyrytými komunikacemi, které byly opět přiloženy na namontované topografické tisky. Písmo bylo na biblovém papíru, takže odpadlo odškrábnutí v místech přeletu komunikací. Všechny vyryté prvky byly předány reprodukcí ke zmenšení do měřítko vydání. Přitom se ukázalo, že kvalita vyrytých prvků se po zmenšení nezlepšila. Tento způsob rytí ve zvětšeném měřítku byl volen proto, že se ukázal nejekonomičtější a vzhledem k návosloví, kterého bylo značné množství, muselo být vylepeno tak, aby byla jistota, že se při manipulaci v reprodukcí neodlepí.

Rytí plánek měst

Redaktor připraví v barevném konceptu plánek na průsvitném papíru v měřítku vydání. Čtyři fólie, pro prvky v barvě černé, šedé, modré a zelené, se opatří rycí vrstvou.

Rytí prvků pro černou barvu se provedlo tak, že se fólie s rycí vrstvou připevnila ke konceptu, stranově obráceně. Vyryly se průjezdy, železnice, značky nádraží, kroužky pro čísla význačných míst (popsaných ve vysvětlivkách), rám mapy, měřítko a licovací znaménka. Vyryté části se ultralakem začernily a po smytí rycí vrstvy se rytina připevnila lepicími páskami opět ke konceptu, ale stranově čitelně. Pak se přiložila další fólie s rycí vrstvou a vyryly se vody stranově obráceně. Po začernění a smytí byly také připevněny ke konceptu. Návosloví se lepilo na oboustranně hlazené fólii, kterou jsme připevnili ke konceptu s vyrytými barvami (černá a modrá). Návosloví a číselné údaje byly vylepeny pro všechny barvy. Pro jednotlivé barvy návosloví a čísel byly zhotoveny masky. Z vylepeného návosloví byla zhotovena pozitivní černokopie na filmu a pomocí masek bylo návosloví vkopírováno do vyrytých a začerněných prvků.

Na další fólii pro šedou barvu byly vyryty průjezdy III. třídy, bloky domů. Po začernění a smytí byly bloky vyplněny acetonovou tuší. Při rytí byl podložen koncept a fólie s rytinami pro černou a modrou barvu. Prvky zelené barvy byly rovněž vyryty s podložením konceptu a ostatních vyrytých prvků. Zelená byla volena pro lesy a parky. Vyplnění zelené bylo provedeno rovněž tuší. Pak byla ještě vykreslena maska pro průjezdy II. třídy a po zhotovení rastru byla k němu dokreslena plná barva pro průjezdy I. třídy. V případě, že vody byly dvoučaré, zhotoví se maska pro výplň v bodovém rastru. Všechny vyryté prvky tvořily podklad pro tiskové desky.

Závěr

Rytím mapových originálů dosahujeme vysoké technické kvality. Ryté značky mají stále stejný rozměr. Oproti kresbě vzniká časová úspora, hlavně při rytí výškopisu. Potíže nám ještě činí rytí polohopisu a hlavně polohopisu odvozených map. Pro značnou obsahovost a generalizaci je třeba upravit předlohu. Zde je nutno uvážit, zda zhotovení předlohy vyváží práce reprodukce při kresbě.

Velmi hospodárný způsob rytí se ukázal u map LHC 1 : 5 000 a výškopisu rytého v měřítku vydání, kde po začernění a smytí rycí vrstvy tvoří přímo podklad pro zhotovení tiskové desky. Vody ve VZÚ vyrýváme vždy, neboť rytím dosahujeme kvalitního výsledku.

Podle zkušeností, které jsme dosud v technice rytí získali, se nám jeví jako neekonomičtější a nejkvalitnější způsob rytí na transparentní fólii z plastické hmoty a začernění. Rytí se má provádět v měřítku vydání, aby rytina tvořila podklad pro tiskovou desku.

Rytí originálů může provádět jen kartograf dobře zapracovaný v rytí. Kartograf s mnohaletou praxí v kresbě je po prvních zkouškách v rytí často zklamán, neboť se mu rytí hned nedaří a rozhodně by se nepustil hned do zhotovení originálu. Tím větší škody mohou nastat, pustí-li se do rytí originálu méně zkušený kreslič. Je však třeba říci, že ten, kdo si osvojí techniku rytí, nerad se vrací ke kresbě. Kresba se zdá pomalá a méně kvalitní. Čím pečlivěji bylo rytí provedeno, tím méně práce máme s opravami a tím kvalitnější je výrobek.