Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava
Řada hornicko-geologická
Volume XLIX (2003), No.1, p. 41-50, ISSN 0474-8476

Jitka MUČKOVÁ [*], Miroslav TYRNER [**]

PŘESNOST URČENÍ SMĚRNÍKU (JIŽNÍKU) ZÁKLADNÍ ORIENTAČNÍ ÚSEČKY V ZÁVISLOSTI NA STŘEDNÍ CHYBĚ ÚHLOVÉHO MĚŘENÍ PŘI PŘIPOJOVACÍM A USMĚRŇOVACÍM MĚŘENÍ DVĚMA SVISLÝMI JÁMAMI

PRECISION OF DETERMINATION OF BEARING (SOUTH BEARING) OF ORIENTATION BASIC LINE SEGMENT DEPENDING ON MEAN SQUARE ERROR OF ANGLE MEASUREMENT AT CONNECTING AND ORIENTATION MEASUREMENT BY MEANS OF TWO VERTICAL SHAFTS

Abstrakt

V článku je provedena úvaha o přesnosti směrníku základní orientační přímky v závislosti na střední chybě úhlového měření při připojovacím a usměrňovacím měření dvěma svislými jámami. Po stručném nástinu principu měření a výpočtu připojovacího a usměrňovacího měření dvěma svislými důlními díly a vysvětlení použité symboliky, je proveden teoretický výpočet přesnosti stanovení směrníku základní orientační přímky na připojovaném patře, která je jednou stranou vsunutého polygonového pořadu, s ohledem na přesnost pouze úhlového měření.V tomto článku není předpokládaná existence nevyhnutelných chyb při měření na povrchu. Střední chyba směrníku je počítána jako střední chyba měřených veličin ze zákona hromadění chyb.

Abstract

In the article an account of precision of determination of bearing of orientation basic line segment depending on mean square error of angle measurement at connecting and orietation measurement by means of two vertical shafts is presented. After basic information about principles of connecting measurement and calculation of connecting and orientation measurement by means of two vertical underground workings and after explanation of symbols applied a theoretical calculation is discussed concerning precision of determination of bearing of orientation basic line at the mine level to be connected which is a part of inserted polygon traverse with consideration of the precision limited only to angle observations. The unavoidable errors of observation on surface are not taken into account by this article. The mean error of bearing is calculated as mean square error of measured errors according to law of accumulation of errors.

Key words: orientation basic line segment, bearing, inserted polygon traverse, polygon line, polygon angle, precision of measurement of polygon angle, law of accumulation of errors.

Úvod

Jedním z nejdůležitějších úkolů důlního měřiče je přenesení JTSK do podzemních prostor. To se uskutečňuje připojovacím a usměrňovacím měřením. Na kvalitě (přesnosti) tohoto měření podstatnou měrou závisí i kvalita (přesnost) následně vyhotovené veškeré důlně-měřické dokumentace. Je proto logické, že každému připojovacímu a usměrňovacímu měření, ať je prováděno jakýmkoliv způsobem, je nutno věnovat velkou pozornost [3,4].

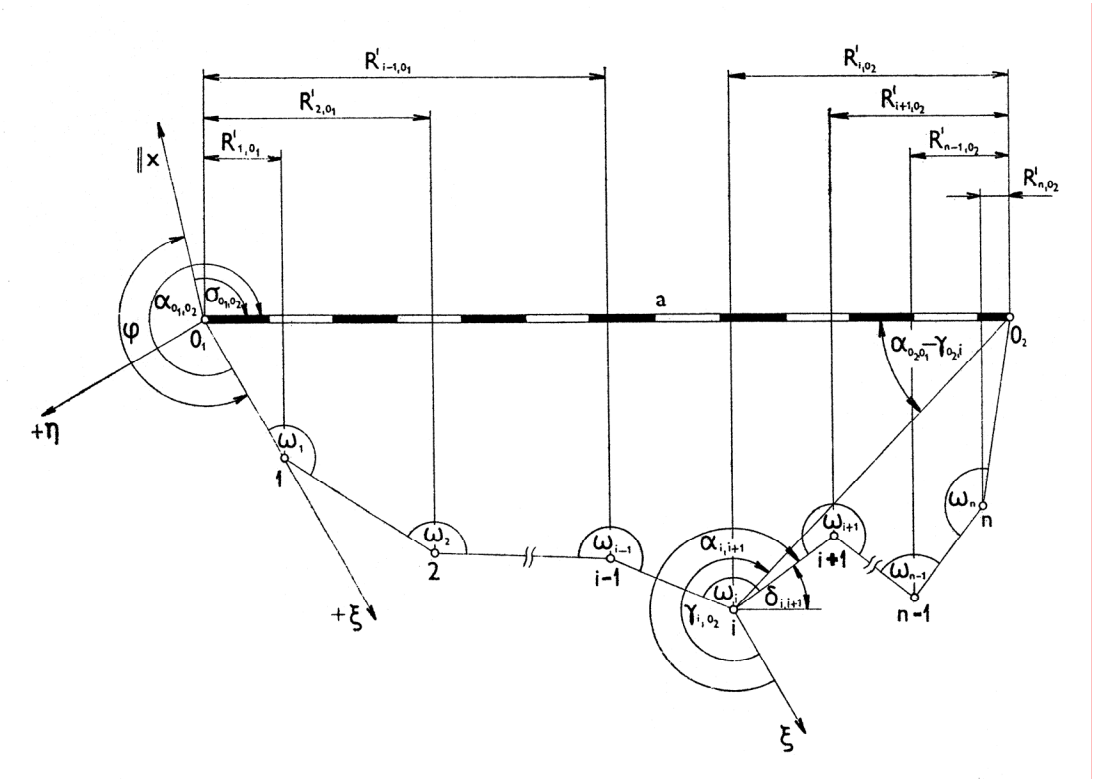
Vyhláška č.435/1992 Českého báňského úřadu taxativně stanovuje způsoby, kterými je možno toto měření provádět. Jedním z těchto způsobů (metod) je připojovací a usměrňovací měření důlním polygonovým pořadem vedeným mezi body promítanými dvěma nebo více jámami, přičemž je nutno volit vhodné měřické metody s ohledem na možnost budoucího využití výsledků.

[*] Ing., Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Institut geodézie a důlního měřictví, 17. listopadu, Ostrava-Poruba
[**] Doc., Ing., CSc., VŠB-TU Ostrava, Institut geodézie a důlního měřictví, 17. listopadu, Ostrava-Poruba

Je nutné zdůraznit, že všechny polygonové pořady mají v důlním měřictví zcela výsostní postavení při zjišťování souřadnic bodů v podzemí. Toto postavení mají i polygonové pořady, kterých při povrchovém měření se snažíme používat zřídka. Mezi tyto patří otevřený polygonový pořad, který má nezastupitelný význam při zaměřování zejména horizontálních důlních děl. Dalším důležitým typem je vsunutý polygonový pořad [1], kterého se, pokud to geometrie důlních děl dovolí, používá právě k již zmíněnému připojovacímu a usměrňovacímu měření, to je k přenesení systému JTSK do podzemí. Zmíněná základní orientační přímka, stabilizovaná na připojovaném patře, bývá velmi často součástí vsunutého důlního polygonového pořadu.

Připojení a usměrnění orientační úsečky na nově raženém patře (horizontu)

Jak přesně lze stanovit směrník této orientační přímky na připojovaném patře, která je součástí vsunutého důlního polygonového pořadu, s ohledem na přesnost úhlového měření, je náplní tohoto příspěvku. Situace na připojovaném horizontu v dole je znázorněna na obr. 1.



Obr. 1: Náčrt pro výpočet přesnosti vsunutého polygonového pořadu

Ještě dříve než bude přikročeno ke zjišťování přesnosti směrníku jakékoliv polygonové strany, jednoznačně vymezíme používané základní pojmy a jejich symbolické označení v obr. 1:

a délka promítané úsečky (přímá vzdálenost mezi olovnicemi O_1 a O_2)
$\sigma_{O1,O2}$ směrník promítané úsečky a v platné (JTSK) souřadnicové soustavě x, y
$\alpha_{O1,O2}$ směrník téže promítané úsečky a v pomocné souřadnicové soustavě ξ a η
$\sigma_{i,i+1}$ směrník libovolné strany vsunutého polygonového pořadu v platné souřadnicové soustavě
$\alpha_{i,i+1}$ směrník libovolné strany vsunutého polygonového pořadu v pomocné souřadnicové soustavě

Další nově použitá symbolika bude uváděna postupně podle potřeby.

Usměrňovací měření dvěma svislými jámami spočívá v převzetí směrník $\sigma_{O1,O2}$ promítané úsečky a z povrchu v platné souřadnicové soustavě, kde

$$\sigma_{O_1O_2} = arctg\frac{\Delta y_{O_1O_2}}{\Delta x_{O_1O_2}} = arctg\frac{y_{O_2} - y_{O_1}}{x_{O_2} - x_{O_2}} \tag{1}$$

a v určení směrníku α_{O1O2} promítané úsečky v dole v pomocné souřadnicové soustavě volené tak, že její počátek je situován do průmětu jedné z olovnic na připojovaném patře. V našem případě je počátek pomocné souřadnicové soustavy ztotožněn s bodem O_1. Kladná větev osy $+\xi$ je vložena do první polygonové strany důlního polygonového pořadu – viz obr.č.1.

Směrník α_{O1O2} strany a v pomocné souřadnicové soustavě je analogicky jako v (1) dán výrazem:

$$\alpha_{O_1O_2} = arctg\frac{\Delta \eta_{O_1O_2}}{\Delta \xi_{O_1O_2}} = arctg\frac{\eta_{O_2} - \eta_{O_1}}{\xi_{O_2} - \xi_{O_1}} = arctg\frac{\eta_{O_2}}{\xi_{O_2}} \tag{2}$$

Souřadnice bodu O_2 v pomocné souřadnicové soustavě (stejně jako souřadnice ostatních bodů důlního polygonového pořadu) se vypočtou standardním způsobem stejně jako vyrovnání vsunutého polygonového pořadu.

Z vypočítaných hodnot podle (1) a (2) tedy směrníku σ_{O1O2} a směrníku α_{O1O2} se zjistí úhel natočení φ obou souřadnicových soustav.

$$\varphi = \sigma_{O_1O_2} - \alpha_{O_1O_2} \tag{3}$$

Při znalosti úhlu natočení φ lze jednoduchým způsobem zjistit hodnoty směrníku libovolné strany polygonového pořadu podle vzorce (4)

$$\sigma_{i,i+1} = \alpha_{i,i+1} + \varphi \tag{4}$$

Výpočet střední chyby směrníku orientační přímky

Po provedení všech naznačených úkonů, je zjištěn směrník $\sigma_{i,i+1}$ libovolné strany důlního polygonového pořadu, kterou jsme si zvolili jako základní orientační přímku. Stále zůstává otázkou velikost střední chyby směrníku této polygonové strany.

V tomto případě, podobně jako v jiných, střední chyba směrníku příslušné strany se bude skládat ze dvou složek:

- ze středních chyb provedeného úhlového měření m_ω
- ze středních chyb provedeného délkového měření m_s.

Při vyšetřování přesnosti směrníku orientační přímky v podzemí nebudeme předpokládat existenci nevyhnutelných nahodilých chyb při měření na povrchu. Střední chybu orientační přímky bude tedy ovlivňovat pouze nepřesnost úhlového měření na připojovaném důlním horizontu.

Velikost střední chyby ve směru libovolné strany důlního polygonu je pak možno obecně zapsat funkčním vztahem:

$$m_{důl} = f\left(\pm m_\omega; \pm m_s\right) \tag{5}$$

Výpočet libovolného směrníku $\sigma_{i,i+1}$ v důlním polygonovém pořadu se bude provádět pomocí rovnic (3) a (4) následovně:

$$\sigma_{i,i+1} = \alpha_{i,i+1} + \varphi = \sigma_{O_1O_2} + \alpha_{i,i+1} - \alpha_{O_1O_2} \tag{6}$$

Tento vztah (6) určuje nejen velikost směrníku $\sigma_{i,i+1}$, ale podle přesnosti měření všech jednotlivých veličin v tomto funkčním vztahu, i přesnost.

Střední chyba v směrníku libovolné polygonové strany, která bude zvolena za základní orientační úsečku, se vypočte jako střední chyba měřených veličin ze zákona hromadění chyb [5].

V našem případě bude mít následující tvar:

$$m_{\sigma_{i,i+1}} = \sqrt{\left(\frac{\delta\sigma_{i,i+1}}{\delta\omega_1}.m_{\omega_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta\sigma_{i,i+1}}{\delta\omega_2}.m_{\omega_2}\right)^2 + ... + \left(\frac{\delta\sigma_{i,i+1}}{\delta\omega_n}.m_{\omega_n}\right)^2} \tag{7}$$

Pro výpočet střední chyby funkce $m_{\sigma i,i+1}$ je zapotřebí stanovit hodnoty parciálních derivací na pravé straně rovnice (7).S ohledem na rovnice (6) a (7) bude platit:

$$\frac{\delta\sigma_{i,i+1}}{\delta\omega_i} = \frac{\delta\sigma_{O1O2}}{\left[\delta\omega_i\right]} + \frac{\delta\alpha_{i,i+1}}{\left[\delta\omega_i\right]} - \frac{\delta\alpha_{O1O2}}{\left[\delta\omega_i\right]} \tag{8}$$

Výrazy parciálních derivací prvního členu na pravé straně rovnice (8) budou rovny nule, Směrník σ_{O1O2} považujeme za bezchybný (byl stanoven ze souřadnic bodů O_1 a O_2). Výraz (8) se zjednoduší na tvar

$$\frac{\delta\sigma_{i,i+1}}{\delta\omega_i} = \frac{\delta\sigma_{i,i+1}}{\left[\delta\omega_i\right]} - \frac{\delta\alpha_{O_1O_2}}{\left[\delta\omega_i\right]} \tag{9}$$

Při výpočtu druhého členu rovnice (9) je postup následující:
Z rovnice (2) platí vztah, že

$$tg\,\alpha_{O_1O_2} = \frac{\eta_{O_2}}{\xi_{O_2}}$$

Z obr. 1 vyplývá:

$$\eta_{O_2} = a.\sin\alpha_{O_1O_2} \tag{10}$$

$$\xi_{O_2} = a.\cos\alpha_{O_1O_2} \tag{11}$$

Po dosazení (10) a (11) do předchozí rovnice (9), bude v diferenciálním tvaru platit:

$$\frac{d\,\alpha_{O_1O_2}}{\cos^2\alpha_{O_1O_2}} = \frac{a.d\,\eta_{O_2}.\cos\alpha_{O_1O_2} - a.d\,\xi_{O_2}.\sin\alpha_{O_1O_2}}{a^2\cos^2\alpha_{O_1O_2}} \tag{12}$$

Jednoduchou úpravou dostaneme:

$$a..d\,\alpha_{O_1O_2} = d\,\eta_{O_2}.\cos\alpha_{O_1O_2} - d\,\xi_{O_2}.\sin\alpha_{O_1O_2} \tag{13}$$

Přechodem na diferenciály dostane rovnice (13) tvar:

$$a.\frac{\delta\alpha_{O_1O_2}}{\delta\omega_i} = \frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_i}.\cos\alpha_{O_1O_2} - \frac{\delta\xi_{O_2}}{\delta\omega_i}.\sin\alpha_{O_1O_2} \tag{14}$$

V rovnici (14) je nutno stanovit dosud neznámé výrazy $\frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_i}$ a $\frac{\delta\xi_{O_2}}{\delta\omega_i}$ na její pravé straně. Při jejich zjišťování vyjdeme ze známých vztahů pro výpočet souřadnice η_{O2}. Platí:

$$\eta_{O_2} = s_{O_1,1}.\sin\alpha_{O_1,1} + s_{12}.\sin\alpha_{1,2} + ... + s_{i,i+1}.\sin\alpha_{i,i+1} + ... + s_{n,O_2}.\sin\alpha_{n,O_2} \tag{15}$$

Zcela obdobně bude platit pro souřadnici ξ_{O2}:

$$\xi_{O_2} = s_{O_1,1}.\cos\alpha_{O_1,1} + s_{12}.\cos\alpha_{1,2} + ... + s_{i,i+1}.\cos\alpha_{i,i+1} + ... + s_{n,O_2}.\cos\alpha_{n,O_2} \tag{16}$$

Parciální derivace rovnice (15) budou mít obecně tvar:

$$\frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_1} = \left(s_{O_1,1}.\cos\alpha_{O_1,1}.\frac{\delta\alpha_{O_1,1}}{\delta\omega_1} + s_{1,2}.\cos\alpha_{1,2}.\frac{\delta\alpha_{1,2}}{\delta\omega_1} + ... + s_{n,O_2}.\cos\alpha_{n,O_2}.\frac{\delta\alpha_{n,O_2}}{\delta\omega_1}\right) \tag{17}$$

.
.

$$\frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_i}=\left(s_{O_1,1}.\cos\alpha_{O_1,1}.\frac{\delta\alpha_{O_1,1}}{\delta\omega_i}+s_{1,2}.\cos\alpha_{1,2}.\frac{\delta\alpha_{1,2}}{\delta\omega_i}+....+s_{n,O_2}.\cos\alpha_{n,O_2}.\frac{\delta\alpha_{n,O_2}}{\delta\omega_i}\right)$$

.

.

$$\frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_n}=\left(s_{O_1,1}.\cos\alpha_{O_1,1}.\frac{\delta\alpha_{O_1,1}}{\delta\omega_n}+s_{1,2}.\cos\alpha_{1,2}.\frac{\delta\alpha_{1,2}}{\delta\omega_n}+....+s_{n,O_2}.\cos\alpha_{n,O_2}.\frac{\delta\alpha_{n,O_2}}{\delta\omega_n}\right)$$

Parciální derivace (17) budou záviset na konkrétním výrazu pro směrník, pro který platí, že

$$\alpha_{i,i+1}=\alpha_{O_1,1}+\omega_1+\omega_2+....+\omega_i+....+\omega_n-k.180° \tag{18}$$

S ohledem na (18) proto bude platit:

$$\frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_1}=\left(s_{1,2}.\cos\alpha_{1,2}+s_{2,3}.\cos\alpha_{2,3}+....+s_{i,i+1}.\cos\alpha_{i,i+1}+....+s_{n,O_2}.\cos\alpha_{n,O_2}\right) \tag{19}$$

$$\frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_2}=\left(s_{2,3}.\cos\alpha_{2,3}+....+s_{i,i+1}.\cos\alpha_{i,i+1}+....+s_{n,O_2}.\cos\alpha_{n,O_2}\right)$$

.

.

$$\frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_i}=\left(s_{i,i+1}.\cos\alpha_{i,i+1}+....+s_{n,O_2}.\cos\alpha_{n,O_2}\right)$$

.

.

$$\frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_n}=\left(s_{n,O_2}.\cos\alpha_{n,O_2}\right)$$

V soustavě rovnic (19) lze výrazy $s_{i,i+1}.\cos\alpha_{i,i+1}$ formálně zapsat jako $\Delta\xi_{i,i+1}$. Zápis se potom zjednoduší na tvar:

$$\frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_1}=\left(\Delta\xi_{1,2}+\Delta\xi_{2,3}+....+\Delta\xi_{i,i+1}+....+\Delta\xi_{n,O_2}\right) \tag{20}$$

$$\frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_1}=\left(\xi_2-\xi_1\right)+\left(\xi_3-\xi_2\right)+....+\left(\xi_{i+1}-\xi_i\right)+....+\left(\xi_{O_2}-\xi_n\right)=\xi_{O_2}-\xi_n$$

$$\frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_2}=\left(\xi_3-\xi_2\right)+\left(\xi_4-\xi_3\right)+....+\left(\xi_{i+1}-\xi_i\right)+....+\left(\xi_{O_2}-\xi_n\right)=\xi_{O_2}-\xi_2$$

.

.

$$\frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_i}=\left(\xi_{i+1}-\xi_i\right)+....+\left(\xi_{O_2}-\xi_n\right)=\xi_{O_2}-\xi_i$$

.

.

$$\frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_n}=\xi_{O_2}-\xi_n$$

Ze soustavy rovnic (20) vyplývá vztah, který lze obecně zapsat:

$$\frac{\delta\eta_{O_2}}{\delta\omega_i}=\left(\xi_{O_2}-\xi_i\right)=R_i.\cos\gamma_{i,O_2} \tag{21}$$

kde R_i je přímá vzdálenost (průvodič) i-tého bodu polygonového pořadu k bodu (olovnici) O_2,

$\gamma_{i,O2}$ je směrník průvodiče R_i v pomocné souřadnicové soustavě.

(Neobvyklé značení směrníku písmenem γ je voleno z důvodu odlišení od směrníku α z důvodu významové přehlednosti.)

Analogickým postupem jako (21) odvodíme vzorec (22).

$$\frac{\delta\xi_{O_2}}{\delta\omega_i} = \eta_{O_2} - \eta_i = R_i.\sin\gamma_{i,O_2} \tag{22}$$

Dosazením výrazů z (21) a (22) bude mít rovnice (14) následující tvar:

$$a.\frac{\delta\alpha_{O_1O_2}}{\delta\omega_i} = R_i.\cos\gamma_{i,O_2}.\cos\alpha_{O_1O_2} - R_i.\sin\gamma_{i,O_2}.\sin\alpha_{O_1O_2} \tag{23}$$

Jednoduchou úpravou (23) dostaneme definitivní tvar:

$$a.\frac{\delta\alpha_{O_1O_2}}{\delta\omega_i} = R_i.\cos\left(\alpha_{O_1O_2} - \gamma_{i,O_2}\right) = R_{i_a} \tag{24}$$

kde R_{ia} je průmět průvodiče R_i do spojnice olovnic O_1O_2 – tedy do úsečky a.

Z rovnice (24) lze odvodit (25).

$$\frac{\delta\alpha_{O_1O_2}}{\delta\omega_i} = \frac{R_{i_a}}{a} \tag{25}$$

Konečný (výsledný) tvar (9) lze napsat:

$$\frac{\delta\sigma_{i,i+1}}{\delta\omega_i} = \frac{\delta\alpha_{i,i+1}}{\delta\omega_i} - \frac{R_{i_a}}{a} \tag{26}$$

Z této rovnice (26) lze určit střední chybu směrníku libovolné strany důlního vsunutého polygonového pořadu v závislosti na kvalitě úhlového měření v podzemí.

Výraz (26) potvrzuje známou skutečnost, že přesnost usměrňovacího měření v podzemí závisí na přesnosti a počtu měřených polygonových úhlů ω, tvaru polygonového pořadu a délce promítané úsečky a [1].

Z rovnice (26) lze vypočítat střední chybu jižníku základní orientační přímky, která je libovolnou stranou důlního polygonového pořadu.

Výpočet střední chyby směrníku libovolné strany polygonového pořadu

Jak velká bude střední chyba směrníku libovolné strany (orientační přímky) vsunutého polygonového pořadu lze zjistit výpočtem předpokladem bude vždy, že $m_{\omega 1} = m_{\omega 2} = \ldots = m_{\omega i} = m_{\omega n} = m_\omega$. [2]

Střední chyba ve směrníku $\sigma_{O1,1}$, první polygonové strany (vhodná z hlediska stabilizace jako základní orientační přímka).

Směrník první polygonové strany $\alpha_{O1,1}$ (kladná větev osy ξ vložena do první polygonové strany) [2]. Potom platí:

$$\frac{\delta\alpha_{O_1 1}}{\delta\omega_1} = ...\frac{\delta\alpha_{O_1 1}}{\delta\omega_i} = ...\frac{\delta\alpha_{O_1 1}}{\delta\omega_n} = 0 \tag{27}$$

$$\frac{\delta\alpha_{O_1O_2}}{\delta\omega_1} = \frac{R_{1_a}}{a};\frac{\delta\alpha_{O_1O_2}}{\delta\omega_2} = \frac{R_{2_a}}{a};....\frac{\delta\alpha_{O_1O_2}}{\delta\omega_i} = \frac{R_{i_a}}{a};.....\frac{\delta\alpha_{O_1O_2}}{\delta\omega_n} = \frac{R_{n_a}}{a} \tag{28}$$

Podle (7) bude:

$$m^2_{\sigma_{O1,1}} = \frac{R^2_{1_a}}{a^2}.m^2_\omega + \frac{R^2_{2_a}}{a^2}.m^2_\omega + ... + \frac{R^2_{i_a}}{a^2}.m^2_\omega + ... + \frac{R^2_{n_a}}{a^2}.m^2_\omega = \left[R_a R_a\right].\frac{m^2_\omega}{a^2} \tag{29}$$

Střední chyba ve směrníku $\sigma_{1,2}$ druhé polygonové strany

Směrník druhé polygonové strany se rovná $\alpha_{1,2} = \alpha_{O_1 1} + \omega_1 \pm 180°$

Podobně jako v předchozím případě:

$$\frac{\delta\alpha_{1,2}}{\delta\omega_1} = 1;\ \ \frac{\delta\alpha_{1,2}}{\delta\omega_2} = ... = \frac{\delta\alpha_{1,2}}{\delta\omega_i} = ... = \frac{\delta\alpha_{1,2}}{\delta\omega_n} = 0 \tag{30}$$

$$\frac{\delta\alpha_{O_1O_2}}{\delta\omega_1} = \frac{R_{1_a}}{a};.....;\frac{\delta\alpha_{O_1O_2}}{\delta\omega_i} = \frac{R_{i_a}}{a};.....;\frac{\delta\alpha_{O_1O_2}}{\delta\omega_n} = \frac{R_{n_a}}{a} \tag{31}$$

Dosazením hodnot (30) a (31) do (7) dostaneme:

$$m^2_{\sigma_{1,2}} = \left(1 - \frac{R_{1_a}}{a}\right)^2.m^2_{\omega_1} + \left(0 - \frac{R_{2_a}}{a}\right)^2.m^2_{\omega_2} + ... + \left(0 - \frac{R_{i_a}}{a}\right)^2.m^2_{\omega_i} + ... + \left(0 - \frac{R_{n_a}}{a}\right)^2.m^2_{\omega_n} \tag{32}$$

Po provedení naznačených úkonů a úpravě platí:

$$\begin{aligned} m^2_{\sigma_{1,2}} &= \left(1 - \frac{R_{1_a}}{a}\right)^2.m^2_\omega + \frac{R^2_{2_a}}{a^2}.m^2_\omega + ... + \frac{R^2_{i_a}}{a^2}.m^2_\omega = \\ &= \left(1 - \frac{2R_{1_a}}{a}\right).m^2_\omega + \frac{R^2_{1_a}}{a^2}.m^2_\omega + \frac{R^2_{2_a}}{a^2}.m^2_\omega + ... + \frac{R^2_{n_a}}{a^2}.m^2_\omega = \\ &= \left(1 - \frac{2R_{1_a}}{a}\right).m^2_\omega + \left[R_a R_a\right].\frac{m^2_\omega}{a^2} \end{aligned} \tag{33}$$

Druhý člen v rovnici (33) je roven $m^2_{\sigma_{O1,1}}$. Z tohoto důvodu pak

$$m^2_{\sigma_{1,2}} = m^2_{\sigma_{O1,1}} + \left(1 - \frac{2R_{1_a}}{a}\right).m^2_\omega \tag{34}$$

V rovnici (33) člen v kulatých závorkách bude záporný – viz obr.č.1 – takže bude platit

$$m_{\sigma 1,2} < m_{\sigma O1,1}$$

Střední chyba ve směrníku druhé strany polygonového pořadu bude menší než střední chyba směrníku strany prvé.

Střední chyba ve směrníku $\sigma_{2,3}$ třetí polygonové strany vsunuté polygonového pořadu.
Směrník třetí strany se rovná $\alpha_{2,3} = \alpha_{O_1,1} + \omega_1 + \omega_2 \pm 2.180°$. Hodnoty druhého členu na pravé straně (9) budou stejné jako u (31). Střední chyba jižníku $\sigma_{2,3}$ třetí polygonové strany bude:

$$m^2_{\sigma_{2,3}} = \left(1 - \frac{R_{1_a}}{a}\right)^2 .m^2_{\omega_1} + \left(1 - \frac{R_{2_a}}{a}\right)^2 .m^2_{\omega_2} + ... + \left(0 - \frac{R_{i_a}}{a}\right)^2 .m^2_{\omega_i} + ... + \left(0 - \frac{R_{n_a}}{a}\right)^2 .m^2_{\omega_n} \tag{35}$$

Úpravou podobnou jako v předchozím případě dostaneme:

$$m^2_{2,3} = \left(1 - \frac{2R_{1_a}}{a}\right).m^2_{\omega} + \left[R_a R_a\right].\frac{m^2_{\omega}}{a^2} + \left(1 - \frac{2R_{2_a}}{a}\right).m^2_{\omega} = m^2_{\sigma_{1,2}} + \left(1 - \frac{2R_{2_a}}{a}\right).m^2_{\omega} \tag{36}$$

Střední chybu směrníku $\sigma_{2,3}$ (36) lze vyjádřit i jinak. Velikost $m_{\sigma 2,3}$ nebudeme vztahovat ke střední chybě směrníku předchozí strany $m_{\sigma 1,2}$, ale ke střední chybě první strany polygonového pořadu $m_{\sigma O1,1}$. Potom:

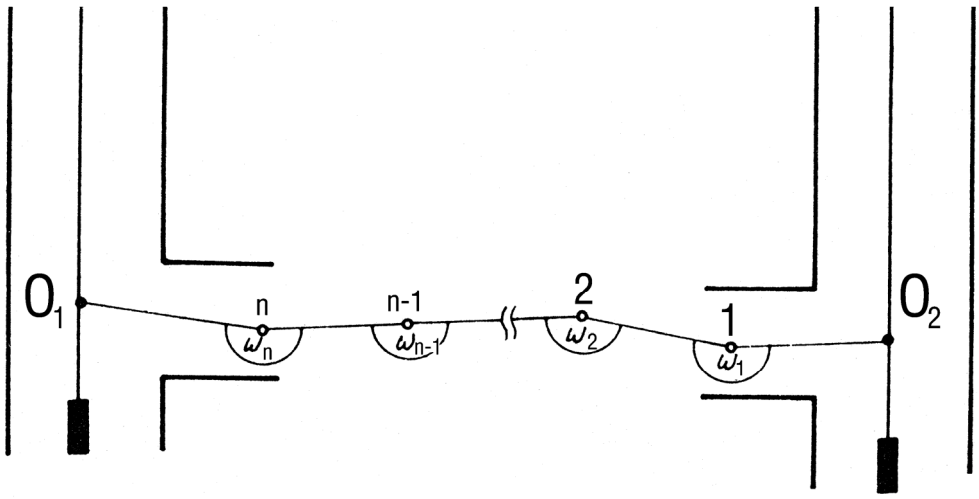
$$m^2_{\sigma_{2,3}} = m^2_{\sigma_{O1,1}} + \left(1 - \frac{2R_{1_a}}{a}\right) .m^2_{\omega} + \left(1 - \frac{2R_{2_a}}{a}\right) .m^2_{\omega} = m^2_{\sigma_{O1,1}} + \left(2 - 2\frac{R_{1_a} + R_{2_a}}{a}\right).m^2_{\omega} \tag{37}$$

Přesnost směrníku každé z dalších stran je možno počítat na podkladě předchozích vzorců zcela mechanicky. Pro i-tou stranu důlního polygonového pořadu bude střední chyba jižníku vlivem úhlového měření

$$m^2_{\sigma_{i-1,i}} = m^2_{\sigma_{O1,1}} + \left[(i-1) - 2\frac{R_{1_a} + R_{2_a} + ... + R_{i_a}}{a}\right].m^2_{\omega} \tag{38}$$

Střední chyba v směrníku poslední strany vsunutého polygonového pořadu bude

$$m^2_{\sigma_{n,O2}} = m^2_{\sigma_{O1,1}} + \left(n - 2\frac{R_{1_a} + ... + R_{i_a} + ... + R_{n_a}}{a}\right).m^2_{\omega} \tag{39}$$



Obr. 2 Vsunutý polygonový pořad přímočarý

Budeme-li předpokládat důlní polygon jako přímočarý – viz obr. 2, pak dosazením hodnot, kde n = počet měřených úhlů, a = (n + 1) . s, R_{1a} = n.s, R_{2a} = (n – 1).s, ….., R_{ia} = (n – i).s, ….., $R_{(n-1),a}$ = 2s, R_{na} = s do rovnice (39) bude platit

$$m^2_{\sigma_{n,O2}} = m^2_{\sigma_{O1,1}} + \left(n - 2\frac{n.s + (n-1).s + \ldots + 3s + 2s + s}{(n+1).s} \right) m^2_{\omega}$$

$$= m^2_{\sigma_{O1,1}} + \left(n - 2\frac{(n+1).\frac{n}{2}}{(n+1)} \right) = m^2_{\sigma_{O1,1}} \qquad (40)$$

Závěr

Připojovací a zejména usměrňovací měření patří k nejdůležitějším a nejobtížnějším úkolům důlního měřiče. Jeho kvalita, daná velikostí střední chyby, ovlivňuje přímo kvalitu výsledků měření na připojovaném patře. Toto ovlivnění se týká přesnosti koncového bodu kteréhokoliv otevřeného polygonového pořadu a zejména je rozhodující při probíjení různých důlních děl sousedních podniků.

Summary

Out of the equation (40) the reality follows that mean square errors of bearing of the first and the last side of inserted underground polygon traverse depending on angle measurement are then identical and they reach maximum values. A minimum square error of bearing will be in the middle of polygon traverse. It is necessary to know that such ideal situation does not occur in practice. Because, at connecting and orientation measurement by means of two vertical shafts an inserted underground polygon traverse can be rather irregular, it is necessary to specify in advance such polygon side that has a minimum mean error and this shall be selected as orientation basic line. Or if the orientation basic line has been selected in advance due to its most suitable position in mine level to be connected, only at this moment the precision of bearing of such orientation basic line should be determined as the side of polygon traverse.

Literatura

[1] Mučka, A.:Vyrovnání vsunutého polygonového pořadu, In *Sborník vědeckých prací VŠB, 1966, s. 225-234.*

[2] Kubečka, E.: Vybrané kapitoly z důlního měřictví, *skriptum, 1.vydání, Ostrava, VŠB, 1996, 48 s.*

[3] Neset, K.: Důlní měřictví I. Praha, *SNTL, 1966, 440 s.*

[4] Neset, K.: Důlní měřictví II. Praha, *SNTL, 1967,462 s.*

[5] Vykutil, J.: Vyrovnávací počet, *skriptum, 1. vydání, Brno, VAAZ, 1966, 297 s.*

Recenzent: Doc. Ing. Eduard Kubečka, CSc., VŠB-TU Ostrava