

Využití metody GPS – RTK pro tvorbu základní mapy lomu

Jitka Mučková¹

The using of GPS – RTK technology for creation of the Open – Pit mine basic map

The comparison of accuracy of results of methods used for measuring of detailed points of drawing of the open – pit mine map with results of the method GPS – RTK is realized in the paper. The first part of the article deals with classical methods of tacheometry as wire tacheometry, reducing tacheometry or tacheometry with electronic tacheometer. In the second part of the article the selective set of coordinates of detailed points measured in the open – pit mine in Jakubčovice nad Odrou is evaluated. The results of comparison written are estimated in the end of the paper as well as some tasks at surveying by means of using GPS – RTK technology in the open pit mine.

Key words: basic map of open - pit, detailed point, tacheometry, GPS – RTK technology, control measurement, testing of accuracy, medium selected error

Úvod

Základní důlní mapa, mezi které podle vyhlášky č. 435/1992 Sb. patří i základní mapa lomu při povrchovém dobývání nerostů, je technickým a právním dokladem organizace, vedeným při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem. Základní mapa lomu se vyhotovuje trvalým způsobem jako originál na základě údajů získaných vlastním měřením nebo údajů vyhotovených jiným útvarům organizace nebo jinou organizací, o kterých rozhodne hlavní důlní měřič. (vyhláška ČBÚ č.435/1992 Sb.)

Metody

Metod používaných pro získávání souřadnic podrobných bodů pro tvorbu základní mapy lomu je několik. Jednou z používaných metod je tachymetrie. Přesnost určení prostorové polohy podrobných bodů, které jsou podkladem pro kresbu mapy, je dána přesností měřených hodnot, které jsou nutné pro výpočet souřadnic podrobných bodů, tj. polární úhel od polární osy, délka a svislý úhel. Tato přesnost závisí i na použité přístrojové technice.

Pro tachymetrické zaměřování podrobných bodů mohou být použity teodolity s dálkoměrným zařízením – tachymetry. Dříve byly přístroje vybaveny nitkovým dálkoměrem nebo autoredukčním diagramovým dálkoměrem s přímým určováním vodorovných délek. Dnes se nejčastěji používají elektrooptické dálkoměry.

Vodorovné úhly se při tachymetrii určují s přesností 1' a tato přesnost neovlivní polohovou přesnost podrobných bodů. (Kubečka, 1992)

Pro nitkové a autoredukční dálkoměry při stanovení přesnosti určované délky je rozhodující přesnost laťového úseku a svislého úhlu pro převod šikmo naměřené délky na vodorovnou. Délku laťového úseku dostaneme z rozdílu odečtení na horní a dolní dálkoměrné rysce. Pro posouzení přesnosti určované délky můžeme vycházet z toho, že délku laťového úseku odhadujeme na milimetr, což při násobné konstantě přístroje $k = 100$ činí 0,1 m. Přidá-li se nepřesnost v určení výškového úhlu, pak přesnost v určení délky je nižší (Kovanič et al., 1990).

Přesnost v určení převýšení vychází ze vztahu (Kubečka, 1992):

$$V = \frac{1}{2} k \cdot \ell \cdot \sin \gamma \quad (1)$$

kde V je převýšení
k násobná konstanta
 ℓ laťový úsek
 γ svislý úhel

Podle zákona o hromadění chyb lze odvodit přesnost jako (Kubečka 1992) :

¹ Ing. Jitka Mučková, Ph.D., Komenského 5/628, Ostrava – Poruba, VŠB-TU Ostrava, tř.17.listopadu, Ostrava – Poruba, Česká Republika
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 27. 6. 2007)

$$m_V = \sqrt{\left(m_s \frac{\sin 2\gamma}{2}\right)^2 + \left(m_\gamma \frac{k.l. \cos 2\gamma}{\rho''}\right)^2} \quad (2)$$

kde m_V střední chyba v určení převýšení
 m_s střední chyba v určení délek
 m_γ střední chyba v určení svislého úhlu

Pro obvyklé střední chyby $m_s = 30$ cm, $m_\gamma = 1'$ a délku $s = 100$ m pro úklon $\gamma = 20^\circ$ je $m_V = 9,5$ cm; pro úklon $\gamma = 30^\circ$ vzroste $m_V = 13$ cm (Kovanič et al., 1990).

Přesnost polohy podrobných bodů při použití elektrooptického tachymetru je ovlivněna přesností elektrooptického dálkoměru. Ta je charakterizována hodnotou střední kvadratické chyby, která je vyjádřena součtem konstantní složky a a složky b , která je přímo úměrná měřené vzdálenosti, ve tvaru (Kovanič et al., 1990):

$$m_s = a + b.ppm \quad (3)$$

Konstanty a a b pro jednotlivé dálkoměry jsou určovány empiricky. Jejich hodnoty jsou $a \leq 10$ mm a $b \leq 5$ mm (Kovanič et al., 1990). Jak vyplývá z již výše uvedeného, přesnost určení polohy a výšky podrobného bodu pro tvorbu základní mapy lomu pomocí elektrooptického tachymetru se zvětšila.

Pro zaměřování podrobných bodů pro tvorbu základní mapy lomu lze použít také další metody měření. Jednou z možností pro tyto účely je využití metody GPS-RTK. Pro ověření možnosti použití této technologie pro mapování lomů bylo provedeno měření v kamenolomu fy Hájek v Jakubčovicích nad Odrou (obr. 1). Lokalitu tvoří výrazný kopec s relativním výškovým rozdílem 226 m. Hlavním těženým materiálem je droba. Kamenolom je rozfárán do 11 etáží. Lom je orientován na jih.



Obr. 1. Lom v Jakubčovicích nad Odrou.
 Fig. 1. The open – pit mine in Jakubovčice nad Odrou.

Pro účely měření byly zvoleny etáže č.7 a 8 o nadmořských výškách 360 a 380 m. Na obou etážích byly pomocí značkovače označeny podrobné body, které byly zaměřeny jak klasickou tachymetrickou metodou tak metodou GPS-RTK.

Klasické měření bylo provedeno elektronickým tachymetrem TCR 307 firmy Leica. Technické parametry přístroje jsou : přesnost měření délek 2 mm + 2 ppm a přesnost měření úhlů 2 mgon. Toto měření bylo pro další vyhodnocení bráno jako kontrolní měření.

Pro měření na vybraných etážích bylo použito měření metodou GPS-RTK s vlastní referenční stanicí pomocí aparatury GPS 500 složené ze senzoru 530 s radiomodemem a antény AT 502. Princip měření touto metodou spočívá v tom, že pohyblivá stanice přijímá data přímo z družic a současně z referenční stanice, tyto dvě sady dat vyhodnocuje společně pro vyřešení ambiguit a získání polohy vztahené k referenční stanici. Přesnost vektorů uváděná výrobcem pro danou aparaturu je v intervalu 1 – 5 cm (Leica manuál). Transformační klíč pro dané území a souřadnice referenční stanice byly určeny rychlou statickou metodou s využitím trigonometrických a zhušťovacích bodů v blízkém okolí lomu.

Měřením byl získán výběrový soubor 150 bodů, u kterých byly naměřeny dvojí souřadnice, a ten byl vyhodnocen podle postupů pro testování číselné přesnosti pro tvorbu map velkých měřítek, protože vyhláška č.435/1992 Sb. se touto problematikou nezabývá.

Pro porovnání souřadnic výběru podrobných bodů byly vypočteny pro body výběru rozdíly souřadnic

$$\Delta x = x_m - x_k, \Delta y = y_m - y_k, \Delta H = H_m - H_k, \quad (3)$$

kde x_m, y_m, H_m jsou výsledné souřadnice podrobného bodu (GPS-RTK) a x_k, y_k, H_k jsou souřadnice téhož bodu kontrolního měření. Dosažení přesnosti se testuje pomocí výběrové střední souřadnicové chyby $s_{x,y}$, vypočtené jako kvadratický průměr středních chyb souřadnic s_x, s_y a střední souřadnicové chyby výšky, které se určí ve výběru o rozsahu N bodů ze vztahů

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N \Delta x_j^2}{k \cdot N}}, \quad s_y = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N \Delta y_j^2}{k \cdot N}}, \quad s_H = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N \Delta H_j^2}{k \cdot N}}. \quad (4)$$

Hodnota koeficientu $k = 2$, má-li kontrolní měření stejnou přesnost jako měření nebo $k = 1$, má-li kontrolní měření přesnost podstatně vyšší. Výběrová střední souřadnicová chyba se vypočte podle vztahu (ČSN 013410) :

$$s_{xy} = \sqrt{\frac{s_x^2 + s_y^2}{2}} \quad (5)$$

V následující tabulce 1 jsou uvedeny dosažené střední výběrové chyby z naměřených hodnot.

Tab. 1. Dosažené hodnoty střední výběrové chyby.

Tab. 1. Achievement values of the medium selected error.

	S_x [m]	S_y [m]	$S_{x,y}$ [m]	S_H [m]
k=1	0,042	0,055	0,049	0,052
k=2	0,024	0,039	0,032	0,036

Závěr

Při porovnání výsledků získaných vyhodnocením hodnot naměřených pomocí technologie GPS – RTK a tachymetrie a s přihlédnutím k rozborům přesností, uvedených v první části článku, lze konstatovat, že technologie GPS svou přesností vyhovuje pro určování podrobných bodů pro tvorbu základní mapy lomu.

Z hlediska časového znamená technologie GPS - RTK úsporu, existují však problémy, které znehodnocují výsledky měření technologií GPS. Jedním z problémů je tzv. multipath. Multipath je jev, kdy signál přichází na anténu přijímače dvěma nebo více rozdílnými cestami a degraduje měření GPS – RTK. Tento jev se projevuje zejména u paty etáže, kdy dochází k odrazu signálu od stěny etáže. Další z příčin snížení přesnosti observace je tzv. DOP, tedy geometrie družic. Při zaměřování paty etáže je zakryta část z celkového počtu družic pro příjem a tím dochází ke zvyšování hodnoty DOPu a samozřejmě snížení přesnosti měření aparaturou GPS.

Literatura - References

- ČSN 013410 Mapy velkých měřítek.
GPS Systém 500, *technický manuál*, Leica, 2000.
Kovavič, L., Matouš, J., Mučka, A.: *Důlní měřictví*, SNTL Praha, 1990.
Kubečka, E.: *Geodézie a důlní měřictví*, VŠB Ostrava, 1992.
Vyhláška ČBÚ č. 435/1992 Sb.