

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ КАРЬЕРОВ

Док. техн. наук Шоломицкий А.А., инж. ЛУНЕВ А.А., инж. КОВАЛЕВ К.В.
(ДОННТУ)

Введение. Летом 2006 года кафедра геоинформатики и геодезии Донецкого национального технического университета, при поддержке ООО «Земли Донбасса» и маркшейдерской службы ОАО «Докучаевский флюсо-доломитный комбинат» (главный маркшейдер Пронь В.И.), провела на Стыльском карьере экспериментальную маркшейдерскую наземную фотограмметрическую съемку открытых горных разработок цифровой камерой. Целью этого эксперимента было получение метрических квазиснимков [1], по которым на цифровой фотограмметрической станции «Delta/Digitalis» [2] можно построить цифровые маркшейдерские планы открытых горных разработок.

Первым этапом этого эксперимента было создание съемочного обоснования (7 точек), которое затем использовалось для обработки цифровой фотограмметрической съемки открытых горных разработок.

Постановка задачи. В настоящее время на карьерах съемочное обоснование маркшейдерских съемок создается методом разрядной полигонометрии, а вставка отдельных пунктов — методом обратной угловой засечки. В последнее время имеются публикации об использовании для создания маркшейдерского съемочного обоснования методов спутниковой навигации [3-5] и электронных тахеометров. Однако в научной литературе нет сравнительной оценки этих методов и рекомендаций по их использованию. Поэтому в ходе эксперимента съемочное обоснование фотограмметрической съемки создавалось методом спутниковой навигации и для контроля — высокоточным электронным тахеометром.

Методика выполнения работ. Схема расположения опорных точек и точек съемочного обоснования показана на рис. 1 (масштаб ~ 1:10000). Для выполнения измерений использовался электронный тахеометр Sokkia SDR-30 с точностью измерения горизонтальных и вертикальных углов 3" и ошибкой измерения расстояний: 2 мм+2 мм/км. Данный тахеометр может работать в безотражательном режиме при расстоянии до 350 метров, что значительно упрощает процесс измерений при съемке открытых горных разработок. В нашем случае при дальности съемки в среднем 800 метров использовалось визирование на призменный отражатель. В процессе измерений определялись значения горизонтального и вертикального угла на измеряемые точки, а также дальность до них как среднее из трехкратного наблюдения. Измерения проводились двумя полуприемами при разных положениях вертикального круга.

Ошибка определения координат точек съемочного обоснования относительно жестких пунктов определяется по формуле:

$$m_{x,y}^2 = \left(\frac{m_\alpha}{\rho} L \right)^2 + m_l^2$$

где $m_\alpha=3''$ — ошибка измерения горизонтального угла; $L=1000\text{м}$ — максимальное расстояние от жесткого пункта до точки съемочного обоснования; $\rho = 206265''$; $m_l = 2 + 2 \times D$ — ошибка измерения расстояния тахеометром Sokkia SDR-30; D — измеренная длина в км.



Рисунок 1 - Схема расположения точек съемочного обоснования Стыльского карьера

В нашем случае измерения выполнялись дважды, при КЛ и КП, следовательно, максимальная ошибка положения точек съемочного обоснования будет равна:

$$m_{x,y} = \frac{\sqrt{\left(\frac{3}{206265} \cdot 1000\right)^2 + (0.002 + 0.002 \times 1)^2}}{\sqrt{2}} = 0.010 \text{ м}$$

Обработка измерений электронного тахеометра производилась с помощью программы уравнивания маркшейдерских и геодезических сетей и обработки съемок «МГСети» [6].

Для 6 из 7 новых точек съемочного обоснования были выполнены спутниковые измерения. Спутниковые измерения проводились двухчастотными GPS-приемниками Zmax производства фирмы Thales в статическом режиме. Точность определения плановых и высотных координат приемниками Zmax в статическом режиме составляет 5 мм ±0,5 мм/км.

Координаты пунктов съемочного обоснования карьера определялись в ходе радиальных измерений (рис 1)

В процессе измерений принимался сигнал не менее чем от 7 спутников в течение 15 минут. При этом максимальная ошибка PDOP не превысила 1.8. Это свидетельствует о высокой надежности полученных результатов измерений.

В процессе постобработки, выполненной с использованием программы GNSS Studio, были получены координаты пунктов карьера в условной системе плоских прямоугольных координат. Ошибка определения плановых и высотных координат пунктов карьера не превысила 1 мм. Координаты пунктов карьера и величины полученных ошибок приведены в табл.1.

Положение некоторых спутниковых приемников на уступах карьера показано на разрезе карьера, на рис. 2.

Таблица 1 Координаты пунктов Стыльского карьера и величины ошибок

Пункт	Координаты, м		Ошибка, мм
	X	Y	
11	X	53453.262	0
	Y	86306.848	0
	H	56.168	1
12	X	53325.223	1
	Y	86408.989	1
	H	50.321	1
13	X	53630.808	1
	Y	86467.614	1
	H	107.482	1
14	X	53374.875	0
	Y	86656.435	1
	H	97.491	1
15	X	53102.307	0
	Y	86598.193	1
	H	95.714	1
16	X	53252.531	0
	Y	86683.275	0
	H	113.830	1

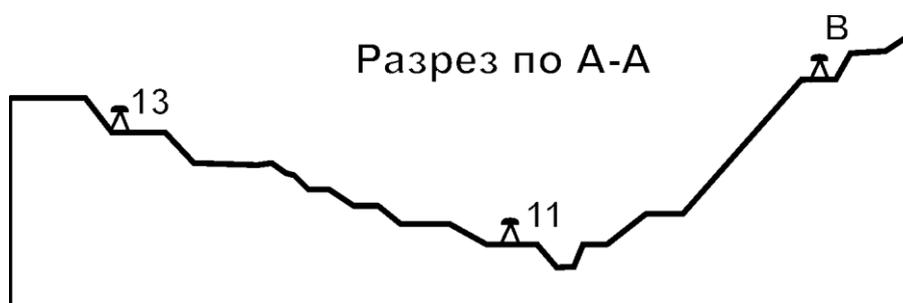


Рисунок 2 - Положение спутниковых приемников на уступах карьера

Отклонения координат пунктов съемочного обоснования, полученных по измерениям электронных тахеометров и из спутниковых измерений приведены в табл. 2.

Таблица 2 Отклонения координат пунктов

№	Пункт	dX, м	dY, м	dH, м
1	11	0.036	0.037	-0.017
2	12	0.070	0.057	-0.038
3	13	0.046	0.001	0.097
4	14	-0.059	-0.016	-0.008
5	15	-0.069	-0.057	-
6	16	-0.024	-0.023	-0.059

Выводы. Анализ оценки точности спутниковых измерений и измерений полярным способом, выполненных электронным тахеометром, показывают, что оба способа удовлетворяют требованиям инструкции по производству маркшейдерских работ [7].

Спутниковые измерения имеют более высокую точность определения координат пунктов, но требуют большего времени измерений. На точность спутниковых определений большое влияние имеет рельеф – пункты съемочного обоснования не должны располагаться близко к откосам высоких уступов, это значительно уменьшает количество видимых спутников (п.15 рис. 1) и может увеличить погрешности измерений. Использование одночастотных приемников на открытых разработках нежелательно, т.к. они больше подвержены влиянию отраженных сигналов.

Для съемки открытых горных разработок наиболее эффективными являются фотограмметрические методы и лазерное сканирование, т.к. они обеспечивают наибольшую производительность съемок. Однако для небольших карьеров или для ограниченных участков съемки применение электронных тахеометров экономически оправдано. Электронные тахеометры трехсекундной точности измерения углов (например Sokkia SDR-30) позволяют как создавать съемочное маркшейдерское обоснование, так и выполнять маркшейдерские съемки открытых разработок на расстоянии до 2000м с точностью 0.03м. По данной работе авторы планируют продолжить исследования.

Список источников:

1. Могильный С.Г., Луньов А.О. Теоретичні основи побудови цифрових квазізімків // Геодез. и картогр. – 2006. – № . – С. -.
2. <http://www.vingeo.com/> - Сайт производственного предприятия «Дельта», г. Винница.
3. Donghyun (Don) Kim, Richard B. Langley, Jason Bond and Adam Chrzanowski Local Deformation Monitoring Using GPS in an open Pit Mine: Initial Study// Dep. of Geod. and Geomatics Eng., IUGG 2003 in Sapporo, Japan, July 2003.
4. Жуков С.А., Гирич В.С., Филатов С.В. Прогрессивные методы организации работы карьерного автотранспорта и добычного оборудования // Науковий вісник НГУ. – 2004. – № 4. – С. 37-40.
5. Кольцов П.В. Совершенствование методов компьютерного моделирования горнотехнических объектов для маркшейдерского обеспечения открытых горных работ: Автореф. дис. ...к.-та техн. наук. 25.00.16. – 2006. – 21 с.
6. <http://gis.dgtu.donetsk.ua/ru/mgseti.html> – Сайт кафедры геоинформатики и геодезии ДонНТУ.
7. Инструкция по производству маркшейдерских работ. –М.: Недра, –1987. –240с.