

Анализ способов создания съёмочного обоснования при разработке карьера «Южный» в Восточно–Казахстанской области

*А. М. Шалбаев¹**

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация
*e-mail: shalbaev.2000@mail.ru

Аннотация. Создание съёмочного обоснования является одним из основных видов работ при разработке месторождений. Целью данной работы является анализ различных способов создания съёмочного обоснования при разработке карьера «Южный» в Восточно–Казахстанской области. Для выполнения анализа были выбраны два наиболее применяемых способа, а именно способ пространственной линейно–угловой засечки и полярный способ. Исходными данными для выполнения практической части стали измерения, полученные автором непосредственно в полевых условиях. Результатом исследования является анализ точности получения координат определяемых пунктов двумя разными способами. Выполненный анализ показал, что наиболее точным из двух способов является способ пространственной линейно–угловой засечки, погрешность которого составила 3,3 мм.

Ключевые слова: Карьер, съёмочное обоснование, пространственная линейно–угловая засечка, полярный способ, точность

Analysis of methods to create a survey compilation during the development of the «Yuzhny» quarry in the East Kazakhstan region

*A. M. Shalbayev¹**

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: shalbaev.2000@mail.ru

Abstract. The creation of a survey compilation is one of the most important types of work in the development of deposits. The main purpose of this work is to analyze various ways of creating a survey compilation for the development of the Yuzhny quarry in the East Kazakhstan region. Two of the most widely used methods were selected to perform the analysis, namely, the method of spatial linear–angular intersection and the polar method. The initial data for the implementation of the practical part were measurements obtained directly in the field. The result of the study is an analysis of the accuracy of obtaining the coordinates of the determined points in two different ways. The comparison showed that the more accurate of the two methods is the method of spatial linear–angular intersection, the accuracy of which was 3,3 mm.

Keywords: Quarry, survey compilation, spatial linear–angular intersection, polar method, accuracy

Введение

Под открытым способом разработки месторождений понимается производство горных работ непосредственно с поверхности земли. Данный способ выполнения горных работ получил широкое применение при добычи золота, алмазов, железных руд, строительных материалов, угля. Комплекс маркшейдерско–геоде-

зических работ при открытых разработках месторождений имеет свои особенности. К данным особенностям можно отнести следующие факторы: быстрые темпы производства горных работ, постоянные наблюдения за деформациями бортов и уступов карьера, маркшейдерский контроль при буровых и взрывных работах, обустройство гидротехнических сооружений. К основным маркшейдерско–геодезическим работам, которые необходимо выполнять при разработке карьера, относятся: создание съемочного обоснования, выполнение съемочных работ, выполнение разбивочных работ, наблюдения за деформациями бортов и уступов карьеров и отвалов, подсчет объемов горной массы [1, 2, 3, 4].

Целью данной работы является анализ двух способов создания съемочного обоснования при разработке карьера «Южный» в Восточно–Казахстанской области. В основе данной работы лежат следующие методы исследования: анализ и сравнение. Для достижения цели данной работы необходимо выполнить следующие задачи:

- получить геодезические данные в процессе выполнения полевых работ;
- выполнить оценку точности определения координат пунктов съемочного обоснования;
- выполнить сравнительный анализ двух способов создания съемочного обоснования.

Физико–географические и геологические характеристика объекта исследования

Исследуемый объект находится на территории Жарминского района Восточно–Казахстанской области. Рельеф местности преимущественно гористый. Близ месторождения расположены небольшие сопки, высота которых составляет 300–600 м. Карьер «Южный» расположен на территории Боко–Васильевского рудного поля. Данное рудное поле относится к типу зон с прожилково–вкрапленной золотой минерализации с относительно изменчивым количеством кварца и сульфидов [5, 6].

Создание съемочного обоснования карьера «Южный»

Съемочным обоснованием карьера является сеть пунктов и точек, необходимых для выполнения съемочных и разбивочных работ непосредственно в карьере. Координаты пунктов планового съемочного обоснования определяются различными способами. Выбор способа создания планового съемочного обоснования в основном зависит от этапов разработки карьера и рельефа местности близ месторождения. К современным способам создания планового съемочного обоснования можно отнести:

- способ пространственной линейно–угловой засечки;
- полярный способ;
- применение ГНСС–технологий;
- комбинированный способ (совместное применение способа обратной угловой засечки и ГНСС–технологий) [7, 8, 9, 10].

В данной работе проведен анализ двух способов создания съемочного обоснования карьера, а именно: анализ способа пространственной линейно–угловой засечки и полярного способа.

Способ пространственной линейно–угловой засечки. Для того чтобы обеспечить контроль точности измерений при определении плановых координат пунктов съемочного обоснования, применяя способы линейной или угловой засечек, необходимо, не менее трех опорных пунктов [11, 12]. При применении пространственной линейно–угловой засечки количество опорных пунктов можно уменьшить до двух. Данный способ нашел применение при создании съемочного обоснования карьера. Основная суть применения данного способа состоит в измерении углов и длин сторон треугольника, пункты 1 и 2 являются опорными, пункт «А» является определяемым, который находится вблизи борта карьера (рисунок 1). Данный способ применяется при значительной удаленности определяемых пунктов от пунктов опорной сети, но при этом длина между опорным и определяемым пунктами должна быть не более 1500 м.

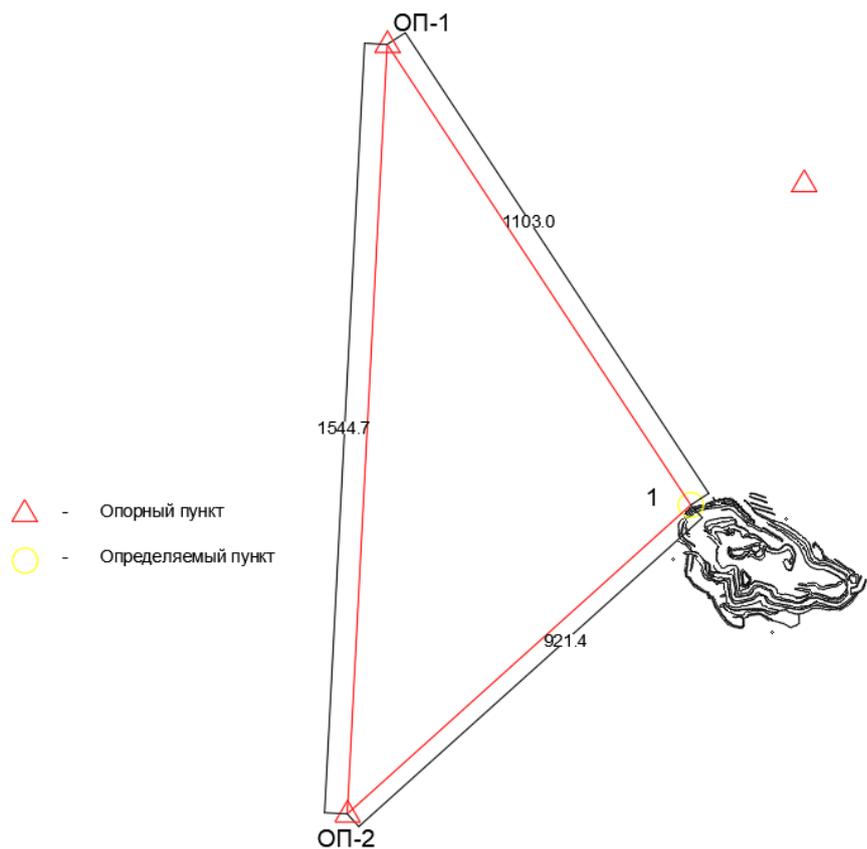


Рис. 1. Схема определения координат способом пространственной линейно–угловой геодезической засечки

С использованием современных электронных тахеометров погрешность определения координат пунктов съемочного обоснования может достигать 3,0–4,0 мм.

Решение пространственной линейно–угловой геодезической засечки при создании съемочного обоснования карьера «Южный» выполнялось электронным тахеометром Leica TS06plus. Анализируя точность данного способа, необходимо было вычислить среднюю квадратическую ошибку (СКО) координат определяемого пункта. СКО координат определяемого пункта «1» вычислялась по формуле (1):

$$m_1 = m_\beta \sqrt{\frac{A_1 + A_2}{A_1 A_2}}, \quad (1)$$

где A_1 и A_2 вычисляются по формулам (2) и (3):

$$A_1 = 2 \sin^2 \beta \frac{m_\beta^2}{m_l^2} + 8 \frac{\cos^4 \beta}{c^2} \rho^2, \quad (2)$$

$$A_2 = 2 \cos^2 \beta \frac{m_\beta^2}{m_l^2} + 2 \frac{\sin^4 2\beta}{c^2} \rho^2, \quad (3)$$

где $m_{\square\square\square}$ – инструментальная погрешность угловых измерений прибора Leica TS06plus; m_l – инструментальная погрешность линейных измерений на одну призму; $\square\square$ – геодезическая постоянная, равная 206265"; c – расстояние между опорными пунктами ОП–1 и ОП–2; $\square\square$ – горизонтальный угол [13, 14, 15, 16].

В этом случае СКО определения координат определяемого пункта можно вычислить по следующим исходным данным: $m_{\square} = 1,0''$; $m_l = \pm 1,5 \text{ мм} + 2 \text{ мм/км}$; $\square = 206265''$; $c = 1544 \text{ м} \ 743 \text{ мм}$; $\square = 99 \square 12 \square 34 \square$.

Таким образом, используя формулу (1), получим величину СКО, равную 3,3 мм.

Полярный способ. Полярный способ создания съемочного обоснования карьера применяется при достаточной удаленности пунктов опорной сети от карьера. При этом удаленность карьера от пунктов опорной сети не должна превышать 3000 м (рисунок 2).

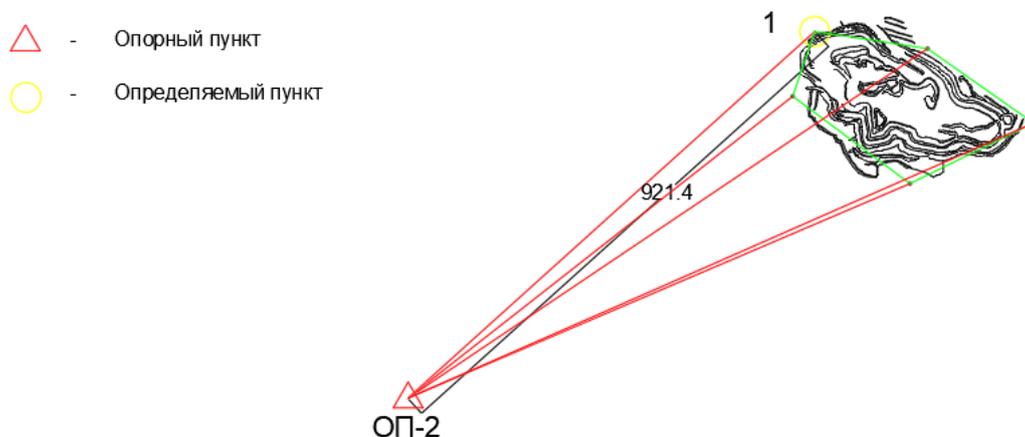


Рис. 2. Схема определения координат полярным способом

Для создания съемочного обоснования карьера «Южный» полярным способом применялся электронный тахеометр Leica TS06plus. Анализируя точность данного способа, необходимо было вычислить СКО определяемого пункта. СКО определяемого пункта «1» вычислялось по формуле (4):

$$m_1 = \pm \sqrt{\frac{L^2}{\rho^2} m_\beta^2 + m_l^2 + m_\phi^2}, \quad (4)$$

где $m_{\square\square}$ – инструментальная погрешность угловых измерений прибора Leica TS06plus; m_l – инструментальная погрешность линейных измерений на одну призму; $\square\square$ – геодезическая постоянная, равная 206265"; L – расстояние между опорным пунктом ОП–2 и определяемым пунктом 1; m_ϕ – ошибка фиксации отражателя [17, 18, 19].

В этом случае СКО определения координат определяемого пункта можно вычислить по следующим исходным данным: $m_{\square} = 1''$; $m_l = \pm 1,5 \text{ мм} + 2 \text{ мм/км}$; $\square = 206265''$; $L = 921,4 \text{ м}$; $m_\phi = 1,0 \text{ мм}$.

Таким образом, согласно формуле (4), получим величину СКО, равную 8,7 мм.

Результаты

Схема пунктов съемочного обоснования представлена на рисунке 3.

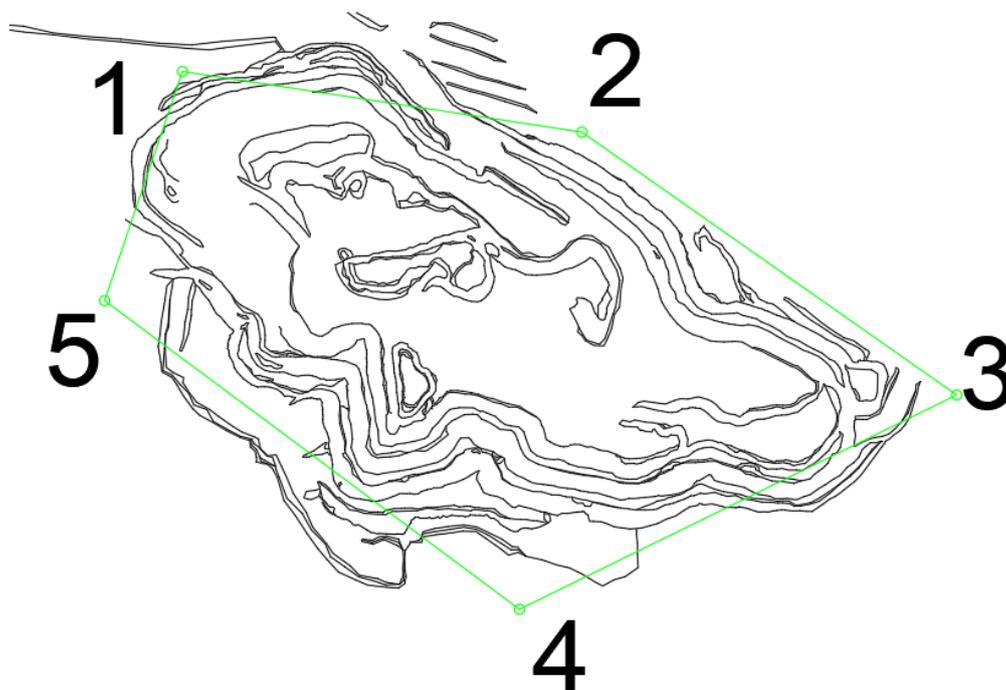


Рис. 3. Схема пунктов съемочного обоснования

СКО определения координат пунктов съемочного обоснования, полученные способом пространственной линейно–угловой засечки, представлены в таблице 1.

Таблица 1

СКО определения координат пунктов съёмочного обоснования, полученные способом пространственной линейно–угловой засечки

| № пункта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Среднее |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| СКО, мм | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,2 | 3,2 | 3,3 |

СКО, полученные полярным способом, представлены в таблице 2.

Таблица 2

СКО определения координат пунктов съёмочного обоснования, полученные полярным способом

| № пункта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Среднее |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| СКО, мм | 8,7 | 8,6 | 9,1 | 8,5 | 8,4 | 8,7 |

Заключение

Таким образом, в данной работе проведен анализ двух наиболее применяемых на практике способов создания съёмочного обоснования карьеров, в том числе карьера «Южный». Исходными данными для выполнения анализа стали измерения, полученные автором в процессе выполнения полевых работ. СКО определения координат пунктов съёмочного обоснования способом пространственной линейно–угловой геодезической засечки в среднем для пяти пунктов составила 3,3 мм. СКО определения координат пунктов съёмочного обоснования полярным способом в среднем для пяти пунктов составила 8,7 мм. Исходя из этого, можно сделать вывод, что при сравнении двух способов наиболее точным является способ пространственной линейно–угловой геодезической засечки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусев В. Н., Алексенко А. Г., Волохов Е. М. Маркшейдерское дело: учебник. – Санкт–Петербург: Санкт–Петербургский горный университет, 2016. – 448 с.
2. Методические рекомендации по производству маркшейдерских работ при добыче твёрдых полезных ископаемых. Руководство. – Республика Казахстан, 2009. – 31 с.
3. Пучков, Л. А. Маркшейдерская энциклопедия. – Издательство «Мир горной книги». – 2006. – 605с.
4. Кашников, Ю. А. Маркшейдерское обеспечение разработки месторождений нефти и газа / Ю. А. Кашников, К. В. Беляев, Е. С. Богданец, А. А. Согорин – М.: ООО «Издательский дом Недра». – 2018. – 454 с.
5. Ваулин О. В. Восточно–Казахстанская область. Золото: справочник. – Усть–Каменогорск – Бишкек, «РОКИЗОЛ», 2016. – 331 с.
6. Кузьмина О. Н. Геология, минералогия и условия формирования золото–сульфидного оруденения Восточного Казахстана (на примере Байбурунского и Жайминского рудных полей): диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого–минералогических наук. –

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева Сибирского отделения Российской Академии Наук (ИГМ СО РАН), Новосибирск, 2015. – 240 с.

7. Генике А. А., Побединский Г. Г. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Картгеоцентр, 2004. – 355 с.

8. Гордеев В. А., Раева О. С. Особенности уравнивания и оценка точности GPS-построений. – Материалы Международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития маркшейдерского дела», 8–10 ноября 2010 г. – Екатеринбург: УТГУ. 2011. – 12 с.

9. Чекалин С.И. Геодезия в маркшейдерском деле: Учебник для вузов. – М.: Изд. «Академический Проект», 2011. – 500 с.

10. Бузук Р. В. Маркшейдерские опорные геодезические сети: Учебное пособие – 2 изд., испр. и доп./ ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2004. – 287 с.

11. Рак И.Е. Маркшейдерские работы при разведке и добыче полезных ископаемых: Учебно-методическое пособие. – Мн.: БНТУ, 2004. – 38 с.

12. Певзнер М. Е., Попов В. Н. Маркшейдерия: Учебник для вузов / Под ред. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. – 419 с.

13. Гордеев В. А., Самарин А. В., Раева О.С. Пространственные линейно-угловые маркшейдерские засечки на карьерах. – Горный информационно-аналитический бюллетень, 2004. – С. 184–185.

14. Астафьев В. М., Гордеев В. А. Новая схема обратной угловой засечки. Известия Уральской государственной горногеологической академии: Горное дело. 2000. – Вып. 11. – С. 239–240.

15. Астафьев В.М., Раева О.С. Алгоритмы и формуляры обработки маркшейдерских съемочных сетей. – Екатеринбург: УГГГА. – 2003 84 с.

16. Гордеев В.А., Раева О.С. Об уравнивании обратной угловой засечки // Маркшейдерский вестник. № 1. – 2005. – С. 55–57.

17. Гордеев В.А. Теория ошибок измерений и уравнивательные вычисления: Учебное пособие. Изд. 2-е. – Екатеринбург: Изд.-во УГГУ, 2004. – 429 с.

18. Раева О.С. О точности линейных измерений при создании маркшейдерских опорных сетей на карьерах Сборник докладов Международного научно-практического симпозиума «Уральская горная школа – регионам», 21–28 апреля 2009 г., Екатеринбург. – С. 97–101.

19. Полярный способ. Режим доступа: https://bstudy.net/910616/tehnika/polyarnyy_sposob, свободный (Дата обращения: 16.04.2021).

© А. М. Шалбаев, 2022