© Н.П. Сапронова, 2016

УДК 622.1:
528.931:
681.3.06

Н.П. Сапронова

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ОПОРНЫХ СЕТЕЙ

Рассмотрен вопрос проектирования подземных маркшейдерских опорных сетей с учетом независимого гироскопического определения дирекционных углов сторон полигонометрических ходов в свободных и частично свободных сетях. Приведен пример оптимального определения длины секции и их количества в вытянутых теодолитных ходах с гироскопически ориентированными сторонами с учетом нормативно-технических требований к средней квадратической погрешности наиболее удаленного пункта подземной маркшейдерской опорной сети. Приведен анализ точности полученных результатов. Результаты апробированы при проектировании подземной маркшейдерской опорной сети в заданных границах шахтного поля Усольского калийного комбината ООО «ЕвроХим – УКК» Верхнекамского месторождение калийно-магниевых солей.

Ключевые слова: полигонометрические ходы, подземные маркшейдерские опорные сети, погрешность положения наиболее удаленных пунктов, секции с гироскопически ориентированными сторонами, предрасчет точности, предельно допустимая погрешность, средняя квадратическая погрешность.

Подземные маркшейдерские опорные сети являются главной геометрической основой для выполнения съемок горных выработок и решения горно-геометрических задач, связанных с обеспечением рациональной и безопасной разработкой месторождений полезных ископаемых [1].

Особе внимание со стороны маркшейдерской службы уделяется процессам проектирования и построения маркшейдерских опорных сетей с целью обеспечения их точности и надежности.

Постоянный процесс развития и внедрения в практику маркшейдерских работ новых технических средств измерений требует разработки новой технологии построения сетей, методики и установления соответствующих норм точности.

Основным назначением опорных сетей, как известно, является обеспечение точности планов, которые имеют различную точность, в зависимости от размеров шахтного поля. Согласно действующим нормативно-техническим требованиям [1] средняя квадратическая погрешность (далее СКП) положения наиболее удаленных пунктов подземной маркшейдерской опорной сети относительно исходных пунктов допускается не более 0,8 мм на плане.

Обеспечить эффективность проектирования и построения подземных маркшейдерских опорных сетей позволит применение соответствующих технологий, основанных на применении более современных технических средств измерений и аналитического предрасчета точности путем достижения минимального значения СКП пунктов подземной маркшейдерской опорной сети.

Рассмотрим случай, когда построение подземной маркшейдерской опорной сети планируется выполнить путем проложения полигонометрического хода с разделением на секции с гироскопически ориентированными сторонами (гиросторонами).

Независимое гироскопическое определение дирекционных углов сторон теодолитных ходов в свободных и частично свободных сетях увеличивает количество опорных дирекционных углов, что значительно повышает точность и надежность сетей, уменьшает объем работ по прокладыванию контрольных ходов.

В связи с этим, актуальным является вопрос определения длины секций вытянутых теодолитных ходов с гиросторонами с учетом условия – СКП конечного пункта полигонометрического хода у границы шахтного поля не должна превышать нормативно-техническое допустимое значение – 0,8 мм в масштабе плана, т.е. 0,8 м для плана М 1:1000 и 1,6 м для плана М 1:2000.

Рассмотрим пример вычисления определения длины секций вытянутых теодолитных ходов с гиросторонами.

Согласно рекомендациям С.А. Филатова (ВНИМИ), погрешность положения конечного пункта вытянутого[1] теодолитного хода с равными сторонами, состоящего из секций с опорными дирекционными углами выражается формулой (1.1):

$$M^2 = a^2 L + b^2 L^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \left(\frac{n^2 + 3nk + 2k^2}{12nk^2} \right) + \frac{m_\infty^2}{\rho^2} L^2 \frac{2k-1}{2k^2} \quad (1)$$

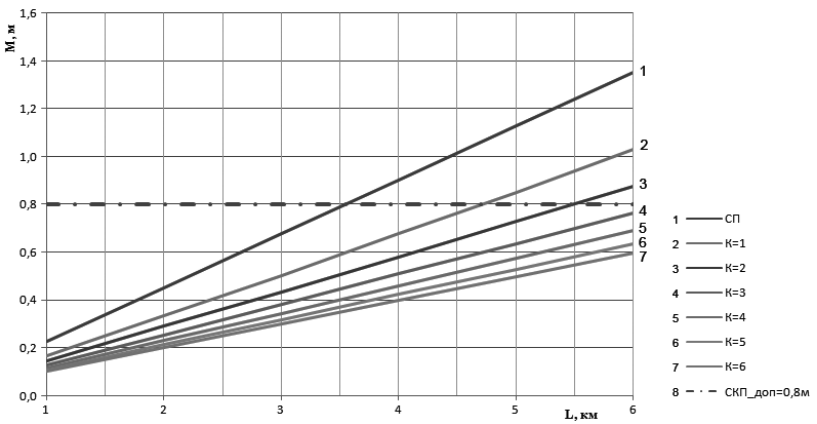
[1] Согласно требованиям [2] полигонометрический ход считается вытянутым, если направление линий этого хода отклоняется от направления замыкающей в пределах 24° и если данный ход располагается вблизи замыкающей, отклоняясь от нее в ту или другую сторону не более чем на 1/8 ее длины.

где a – коэффициент случайного влияния при линейных измерениях; b – коэффициент систематического влияния при линейных измерениях; m_α – СКП опорного дирекционного угла; m_β – СКП измерения углов; n – число сторон хода; L – длина хода; k – количество секций; ρ – число секунд в радиане (приближенно ρ = 206 265).

При анализе формулы видна зависимость влияния числа гиросторон на значение СКП конечного пункта. Значение членов входящих в данную формулу и учитывающих влияние погрешностей измерения углов m_β и погрешности определения опорного дирекционного угла m_α, уменьшаются с увеличением числа секций, при этом значения других членовостаются без изменений. Следовательно, увеличение количества гиросторон позволяет влиять на результат погрешности положения последнего пункта полигонометрического хода в сторону уменьшения его значения.

Таким образом, на основе аналитической зависимости (1) составлен электронный шаблон ПО MicrosoftExcel. Данный шаблон позволяет в автоматизированном режиме наглядно моделировать конструкцию полигонометрического хода путем оптимального определения количества секций с гироскопически ориентированными сторонами и их длину по предварительно заданным параметрам: a, b, m_α'', m_β'' и средней расчетной длины стороны. По результатам вычислений в автоматизированном режиме строится график погрешностей положения конечной точки полигонометрического хода (рисунок).

На вертикальной оси отложены значения СКП в метрах, на горизонтальной оси – значения протяженности хода в км.



На графике согласно нормативно техническим требованиям [1] представлена предельно допустимая погрешность 0,8 мм в масштабе плана, т.е. 0,8 м для плана М 1:1000.

Таким образом, при проектировании сети становится возможным с помощью графика и электронного шаблона оперативно определять количество и длину секций в полигонометрическом ходе с гироскопически ориентированными сторонами.

Например, для данного случая при вычислении СКП приняты следующие значения: $a = 0{,}0005$; $b = 0{,}00005$; $m_\alpha = \pm 45''$; $m_\beta = \pm 5''$; средняя расчетная длина стороны хода 100 м. Съемка выполнена в М 1:1000. На графике линия погрешности, которая не выходит за пределы 0,8 м и определяет количество секций в полигонометрическом ходе длиной 6 км – линия $K = 3$. Следовательно, в ходе протяженностью 6км рекомендуется принять 3 секции, тогда расстояния между опорными дирекционными углами составит 2 км. На рисунке для сравнения нанесена линия погрешности свободного хода.

Следует учесть, что при измерении длин сторон косвенным способом, например с помощью электронного тахеометра, в формуле (1) произойдет замена членов, учитывающих влияние погрешностей измерения длин сторон a^2L; b^2L^2 на одночлен $-nm_l^2$, значение которого зависит от методики измерения и технических характеристик применяемого прибора.

Таким образом, влияние на составляющие члены формулы (1) в сторону уменьшения их значений предложенным способом позволяет уменьшить значение общей ожидаемой погрешности положения конечного пункта подземного полигонометрического хода.

Результаты исследований апробированы в ходе дипломного проектирования студентами кафедры ГМД Горного института при составлении проекта подземной маркшейдерской опорной сети в заданных границах шахтного поля Усольского калийного комбината ООО «ЕвроХим–УКК» Верхнекамского месторождение калийно-магниевых солей. Обоснован альтернативный вариант проектирования подземной маркшейдерской опорной сети, основанный на применении маркшейдерских технологий, предусматривающих для определения дирекционных углов гироскопическое оборудование; для производства съемочных работ – взрывозащищенный тахеометр LeicaFlexLinePlus TS06-5 Ex; для производства уравнивания сети – программное обеспечение LEICA GeoOffice. Существующий же проект подземной маркшейдерской опорной сети на разрабатываемом участке

месторождения основан на применении традиционной классической методики ведения маркшейдерских работ, предусматривающей производство ориентирно-соединительной съемки геометрическим способом, измерение длин линий в полигонометрических ходах непосредственным способом ($a = 0{,}001$; $b = 0{,}00005$) и измерение угловых величин точным теодолитом (5″).

В процессе проектирования подземной маркшейдерской сети по альтернативному варианту произведен предрасчет точности наиболее удаленных пунктов опорной маркшейдерской сети для четырех направлений горных выработок: северо-западного (5СЗП); северо-восточного (11СВП); юго-западного (9ЮЗП); юго-восточного (4ЮВП). Значения полученных погрешностей не превысили ±0,8 м при нормативном допустимом значении средней квадратической погрешности ±1,6 м для планов горных выработок масштаба 1:2000, т.е. 0,8 мм в плане. Таким образом, альтернативный способ позволил обеспечить в 2 раза меньшее значение СКП по сравнению с традиционным способом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Инструкция* по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03). Серия 07. Вып. 15. – М.: ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 120 с.

2. *Инструкция* по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей ВСН 160-69. – Минтрансстрой.

3. Маркшейдерское дело / Под ред. Д. Н. Оглоблина. – М.: Недра, 1981. – 703 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Сапронова Наталья Петровна – кандидат технических наук, доцент, МГИ НИТУ «МИСиС», e-mail: Sapronova_np@mail.ru.

UDC 622.1: 528.931: 681.3.06

N.P. Sapronova

ON UNDERGROUND SURVEY CONTROL DESIGN

The author considers the issue of the design of underground survey control taking into account independent gyroscopic determination of the direction angles of polygon legs in unconstrained and partly constrained survey controls. An example is given for the determination of optimal length of a section and the number of sections in elongated traverses with gyroscopically oriented legs, considering regulatory and technical requirements for average square error of positioning the outmost point of an underground survey control. The article analyzes accuracy of the obtained results. The results have been trialed in the design of the underground survey control within the preset limits of minefield of the EuroChem–Usolsky Potash Plant at the Upper Kama deposit of potash–magnesium salts.

Key words: polygon legs, underground survey controls, outmost point position error, sections with gyroscopically oriented legs, accuracy pre-calculation, maximum admissible error, average square error.

AUTHOR

Sapronova N.P., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia, e-mail: Sapronova_np@mail.ru.

REFERENCES

1. *Instruktsiya po proizvodstvu marksheyderskikh rabot (RD 07-603-03)*, seriya 07, vyp. 15 (Guidelines on surveying (RD 07-603-03), series 07, issue 15), Moscow, GUP «Nauchno-tekhnicheskiy tsentr po bezopasnosti v promyshlennosti Gosgortekhnadzora Rossii», 2003, 120 p.

2. *Instruktsiya po geodezicheskim i marksheyderskim rabotam pri stroitel'stve transportnykh tonneley VSN 160-69* (Guidelines on surveying in traffic tunneling VSN 16069), Mintransstroy.

3. *Marksheyderskoe delo*. Pod red. D. N. Ogloblina (Surveying. Ogloblin D. N. (Ed.)), Moscow, Nedra, 1981, 703 p.

ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Гаязов Рустам Рашитович – генеральный директор,
Знаемский Юрий Анатольевич – начальник лаборатории,
Кадысев Владимир Степанович – руководитель НТО,
Лопатин Владимир Иванович – ведущий инженер,
Маринин Илья Алексеевич – начальник отдела экспертизы,
ООО «ЮТАР».

Применен комплексный подход к анализу факторов риска на предприятиях нефтехимии и нефтепереработки. Отдельно рассмотрены риски, касающиеся персонала, и технико-технологические риски. Для углубленной оценки рисков различного происхождения на конкретном предприятии, выявления их причин и предупреждения необходимо проведение экспертизы промышленной безопасности.

Ключевые слова: опасный производственный объект (ОПО), риск, фактор риска, экспертиза промышленной безопасности, диагностика риска, оценка риска, нефтехимия, нефтеперерабатывающая промышленность.

RISK ASSESSMENT IN OPERATION OF PRODUCTION FACILITIES IN THE PETROCHEMICAL INDUSTRY

Gayazov R.R.[1], General Director; *Sremski Y.A.*[1], Head of Laboratory;
Kadyshev V.S.[1], Head of NTO; *Lopatin V.I.*[1], Leading Engineer;
Marinin I.A.[1], Head of Department,
[1] LLC «Utar».

Applied an integrated approach to the analysis of risk factors at the enterprises of petrochemistry and oil refining. Separately, the risks regarding personnel and technical-technological risks. For in-depth risk assessment of various origins in a particular company, to identify their causes and prevention it is necessary to conduct the industrial safety expert review.

Key words: hazardous production facility (OPO), risk, risk factor, examination of industrial safety, risk diagnostics, risk assessment, petrochemical, oil-refining industry.