© В.И. Снетков, 2006

УДК 622.1

В.И. Снетков

О ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДАЛЬНОМЕРОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ЧЕРЕЗ ОДИН ВЕРТИКАЛЬНЫЙ СТВОЛ

Семинар № 1

Как известно, при ориентировании подземных маркшейдерских сетей решаются 2 задачи: передача дирекционного угла (ориентирование сети) и плановых координат X,У (центрирование сети). Передача высотной отметки (третьей координаты) производится независимо от результатов ориентирно-соединительной съёмки, поскольку предполагает использование совершенно других приборов и оборудования.

В настоящее время, наряду с традиционными способами ориентирования через один ствол (соединительный треугольник, четырёхугольник, способ створа) [2], применяются и более современные, основанные на теории гироскопа - гироскопическое ориентирование.

Гироскопическое ориентирование практически незаменимо при глубине подземных разработок, превышающих 500 м, поскольку не связано с установкой отвесов в шахтном стволе и прекращением спуска-подъёма людей и грузов. Выполняют подобные работы обычно специализированные организации, имеющие гиротеодолиты или гироскопические насадки. Подобные работы достаточно дороги и не каждое горное предприятие способно их оплатить. Однако квалификация маркшейдерского персонала большинства горных предприятий позволяет самостоятельно выполнить ориентировку, поэтому традиционные методы ориентирования пока не утратили своего значения и применяются достаточно часто.

В ранее опубликованных работах автором данной статьи был предложен и успешно применён в шахтных условиях принципиально новый способ передачи высотной отметки при помощи обычных светодальномеров, имеющихся на каждом горном предприятии. Дальнейшие теоретические исследования в этом направлении показали, что существует возможность осуществления ориентирно-соеди-нительной съёмки одновременно с передачей высотной отметки, причём это делается с применением только одного прибора - светодальномера.

Для понимания существа предлагаемого способа ориентирования приведём краткое изложение существа передачи высотной отметки светодальномером.

Суть способа состоит в следующем. На горизонте работ с помощью нивелира на одном уровне располагаются четыре отражателя АВ, С, В, которые вместе со светодальномером образуют произвольную пирамиду (рис. 1). На поверхности светодальномер устанавливается в любом месте в пределах сечения ствола.

Светодальномером последовательно измеряются рёбра пирамиды. Минимальное число отражателей можно установить 3, но в таком случае не будет контроля вычислений. Четвёртый отражатель устанавливается с целью контроля измерений, вычислений и получения избыточных наблюдений. Чтобы отражатели не мешали наведению, три из них переворачиваются трипель-призмами вниз. Практика показала, что для ускорения работ при визирова-

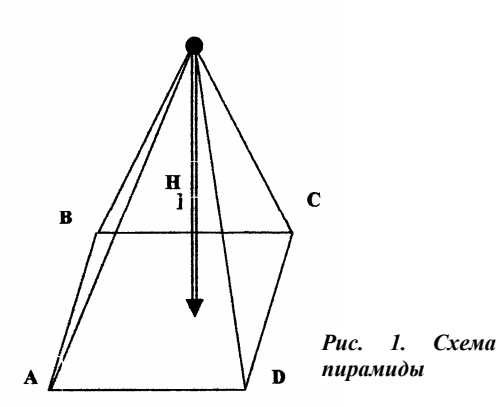

Рис. 1. Схема пирамиды

нии на отражатель, желательно его подсветить шахтным фонарем. В этом случае процесс наведения не занимает более 1 минуты при глубине до 1000 м.

До или после светодальномерных измерений измеряют расстояния АВ, ВС, *СО,* ВА, а также диагонали основания пирамиды. Поскольку на определяемом горизонте расстояние между осями отражателей и диагонали измерены с высокой точностью, то основную погрешность в определении превышения вносят линейные измерения, выполненные светодальномером. На точность измерений будут влиять ряд неблагоприятных факторов, таких как турбулентность, влажность, капёж в шахтном стволе. Их влияние, в частности, выражается в значительном разбросе показании на табло светодальномера, и полная стабилизация не достигается за счёт их усреднения. Решение рассмотрим на тетраэдре (рис. 2).

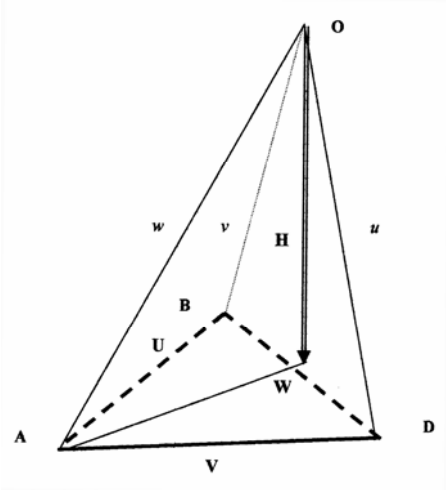

Рис. 2. Схема для определения высоты Н тетраэдра, образованного светодальномерными лучами (v, w, u) и сторонами (V, W, U) между отражателями А, В, Д)

Высота тетраэдра определится как частное от деления объёма пирамиды У на площадь основания 8:

$$H = \frac{3\psi}{S}. \qquad (1)$$

Объём произвольного тетраэдра через его рёбра определяется из выражения (2):

$$\psi^2 = \frac{1}{288}\det\begin{Vmatrix} 0 & u^2 & v^2 & w^2 & 1 \\ u^2 & 0 & w^2 & v^2 & 1 \\ v^2 & w^2 & 0 & U^2 & 1 \\ w^2 & v^2 & U^2 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{Vmatrix} \qquad (2)$$

Площадь основания вычисляется через его полупериметр. Таким образом, за счёт высокой точности определения площади основания достигается высокая точность определения высоты тетраэдра. Одновременно решается проблема расположения излучателя - она в данном случае не играет никакого значения, поскольку где бы в пределах сечения не располагался излучатель, высота пирамиды определяется всегда правильно. Также, в данном случае, не имеет никакого значения вертикальность луча светодальномера, поэтому отражатели можно устанавливать в тех местах, где это удобно и безопасно.

Если подобные измерения выполнить с двух точек стояния светодальномера S_1 и S_2 (рис. 2) с одновременным определением их координат на поверхности, то после линейных измерений рёбер пирамид светодальномером и сторон основания на горизонте ориентирования, возникает пространственная трилатерационная фигура (рис. 3), решив которую, получают уравненные координаты каждого отражателя.

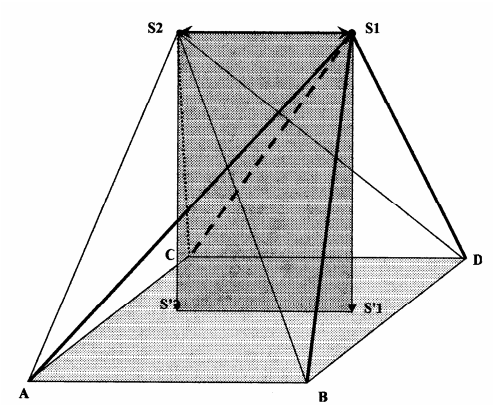

Рис. 3. Пространственная схема измерений при ориентировании

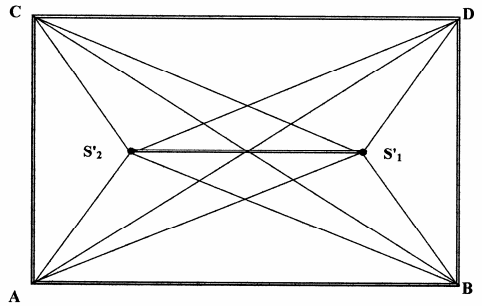

Рис. 4. Трилатерационная фигура в проекции на ориентирования; жёсткие стороны обозначены двойной линией

В данном случае вертикальная плоскость, образованная двумя светодальномерами и их проекциями на горизонте ориентирования, играет роль створа отвесов, на которые не оказывает влияния турбулентность в шахтном стволе, капёж, качание отвесов и т.п. Поскольку дирекционный угол створа на поверхности известен (например, в результате примыкания по способу соединительного треугольника), а проектирование практически безошибочно, то и дирекционный угол створа S'_1- S'_2 на горизонте работ (АВСВ), будет равен дирекционному углу на поверхности. Однако положение этих точек на ориентируемом горизонте неизвестно, поэтому чисто математически осуществляется переход от них к координатам отражателей АВСВ. Для этого используются линейные элементы трилатерационной фигуры, которая уравнивается параметрическим способом. Одновременно происходит уравнивание неизбежно возникающих ошибок измерения светодальномером. Результатом такого строгого уравнивания получаются координаты каждого отражателя, осуществив примыкание к которым одним из известных способов, передаётся дирекционный угол на примычную сторону в шахте.

Оценка точности способа ориентирования выполнена методом математического моделирования. Исследования показали, что точность сопоставима с точностью ориентирования при помощи отвесов. Увеличение точности и возможно за счёт применения высокоточных светодальномерных измерений (порядка 0,5 мм и точнее). Поэтому данный способ больше ориентирован на будущие высокоточные технологии линейных измерений, хотя нет никаких препятствий к его использованию и в настоящее время (по меньшей мере до глубины вертикальных стволов до 500 м).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шевердин П.Г.* Геодезия при подземном строительстве. - Киев: Будевильник, 1976.

2. *Справочник* по маркшейдерскому делу/Под ред. проф. д-ра техн. наук А.Н. Омельченко. - 4-е изд., перераб. и доп. - М., Недра, 1979. – С. 576.

Коротко об авторах

Снетков В.И. – кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела ИрГТУ.