

УДК 622.831

**ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТАХЕОМЕТРА
«FLEXLINE» ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ МАРКШЕЙДЕРСКИХ
РАБОТ**

В.В. Мирный, Н.С. Петров, М.А. Козлова, В.В. Карасев
Донецкий национальный технический университет, Донецк

В статье представлены результаты исследований и предложены методики выполнения некоторых маркшейдерских работ с применением тахеометра FlexLine plus.

В последние годы маркшейдерские службы горнодобывающих предприятий получили возможность совершенствовать и модернизировать свои работы благодаря приобретению электронно-оптических тахеометров, выпускаемых различными зарубежными фирмами (Leica, Sokkia и др.). Постоянно совершенствуя свои разработки, разработчики изготовили ряд версий приборов (инструментов), которые отличаются различной степенью точности измерений и большим набором функциональных возможностей [1]. Это обеспечивает возможность их применения, как для выполнения обычных съемочных работ, так и для решения многочисленных более сложных маркшейдерско-геодезических задач горного производства.

Одним из приборов серии FlexLine обеспечен учебный процесс на кафедре маркшейдерского дела. При этом освоение методики работы с этим тахеометром потребовало изучения его конструкции и учета рекомендаций и опыта, представленных в руководстве пользователя. Был учтен также опыт маркшейдеров-производственников, сотрудничающих с кафедрой, а также выполняющих индивидуальные задания в учебном процессе и при исследованиях в НИРС маркшейдерской специальности. В соответствии с этим на основе исследований выпускниками кафедры было выполнено 2 магистерские работы (одна из них – студенткой заочной формы обучения с исследованием прибора, имеющегося на предприятии) и несколько специальных разделов дипломных проектов.

Конструктивно инструмент предназначен для решения задач инженерной геодезии, что в большинстве случаев предполагает измерение горизонтальных и вертикальных углов, а так же расстояний. Предусматриваются измерения в отражательном режиме, когда используются широкий красный луч видимого диапазона, совпадающий с оптической осью зрительной трубы, направляемый на

отражатель в виде стандартной призмы. Кроме этого возможны измерения в безотражательном режиме, при котором используется узкий красный луч видимого диапазона, соосный с осью зрительной трубы. В последнем случае, дальномер тахеометра определяет расстояние до предмета, который в данный момент находится на пути зрительного луча.

Именно эти качества прибора дают возможность выполнять высокоточные измерения в геодезии и решать инженерные задачи, связанные с необходимостью получения угловых и дальномерных величин при визировании на пассивные отражатели (безотражательный режим).

Множество случаев измерения расстояний до предметов используются в прикладной (инженерной) геодезии: до стены, потолка, пола, почвы, объекта и т.д. Но именно такие возможности являются ценными при маркшейдерском обеспечении открытых горных работ (карьеров, разрезов). Упрощаются работы при сохранении достаточной точности при измерениях угловых и линейных величин до груди забоя, до точек поверхности взорванной массы руды, до недоступных точек уступов карьеров, съемка которых необходима и т.д. Эти задачи являются традиционными для маркшейдерских служб открытых горных работ.

В последнее время фирмой Leica разработана прикладная программа-приложение Flex Line Mining Flyer, дающая возможность производить съемку подземных горных выработок [2]. В пакете содержатся все стандартные программы, а также программы решения специфических задач: построение опорных сетей, привязку к ним, разбивку осевых линий выработок с заданным уклоном и др.

Представляется необходимым расширить диапазон решаемых задач с помощью приборов данного класса. Авторами проведено большое количество исследований, основные из которых представлены в настоящей статье.

Выполнение тригонометрического нивелирования. Общий принцип этого вида работы известен. Получение превышения Δh между двумя пунктами производится по формуле [3].

$$\Delta h = L \sin\delta + i - v, \quad (1)$$

где L – измеренная наклонная длина,
 δ – угол наклона линии,

i –соответственно высота инструмента на пункте стояния инструмента,

v – высота визирования относительно закрепленного знака.

Исходя из анализа [3] и опыта работы погрешности в измерениях величин i и v составляют примерно 5 мм, а в неудобных шахтных условиях достигают 10 мм. При этом эти погрешности полностью входят в погрешность определенного превышения Δh , что в значительной степени обесценивает высокоточные измерения наклонного расстояния и угла наклона, выполняемые тахеометром. Особое неудобство представляет измерение высоты инструмента, если пункт закреплен в кровле выработки, имеющий высоту 2,5 м и более. При этом знак постоянного пункта может быть закреплен в породе выше постоянной крепи. В этих случаях (когда пункт закреплен в кровле) применение описываемого инструмента полностью исключает измерение величин i и v традиционным способом, а значит, значительно повышает точность работ.

Работа выполняется в режиме автоматического центрирования (рис 1.) при наличии двух-трех штативов со стандартными измеренными отражателями. В пунктах А, В, С устанавливаются штативы, центрируются отвесами и с помощью устройств подставки на штативах приводятся в рабочее положение. На пункте А устанавливается тахеометр и его визирная ось под углом 90° приводится в вертикальное положение. При включении прибора очень быстро измеряется вертикальное расстояние до знака в кровле по принципу безотражательного измерения. Измеряют наклонную длину L и угол наклона δ на визирную цель пункта В (при измерении высоты инструмента переносную ручку необходимо снимать).

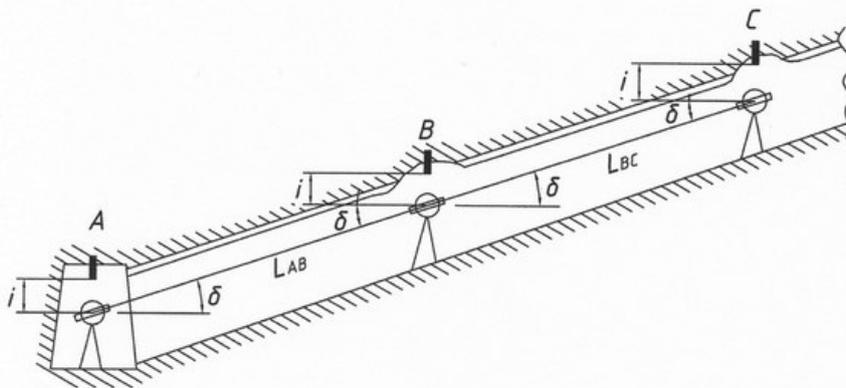


Рис. 1 Схема выполнения измерений при центрировании инструментов под точками

После этого на пункте вместо визирной цели устанавливается тахеометр (визирная цель и тахеометр имеют одинаковую высоту над подставкой), а в пункте А – визирная цель. В точке С также установлена визирная цель. Тахеометром производится измерение высоты до знака пункта, а также линейные и угловые измерения на пункты А и С.

Переносится тахеометр в пункт С, визирная цель на пункт D (на рисунке не обозначен) и т.д.

Таким образом, осуществляется объективный высокоточный контроль при вычислении как горизонтального положения сторон, так и превышений.

Измерения при геометрическом ориентировании. При выполнении геометрического ориентирования (особенно через один ствол) огромное количество времени расходуется на подготовительные работы. Наиболее значительные затраты времени вызывает перекрытие вертикального ствола и сооружение полков на поверхности и на ориентируемом горизонте. Последний необходим для устройства успокоителей отвесов, установки шкал при наблюдении качений, измерения расстояний рулеткой.

Если без полка на ориентируемом горизонте обойтись нельзя, то на поверхности, - можно. Это может быть достигнуто благодаря применению описываемого тахеометра.

Применяя наиболее распространенную схему примыкания соединительным треугольником, представим на рис. 2 схематическое выполнение работ в плане. В упрощенном виде представлены геометрические элементы треугольника: плановое положение отвесов А и В, опущенных в ствол, примычная точка С на поверхности, измеренные стороны треугольника a , b , c и измеренные горизонтальные углы α и δ .

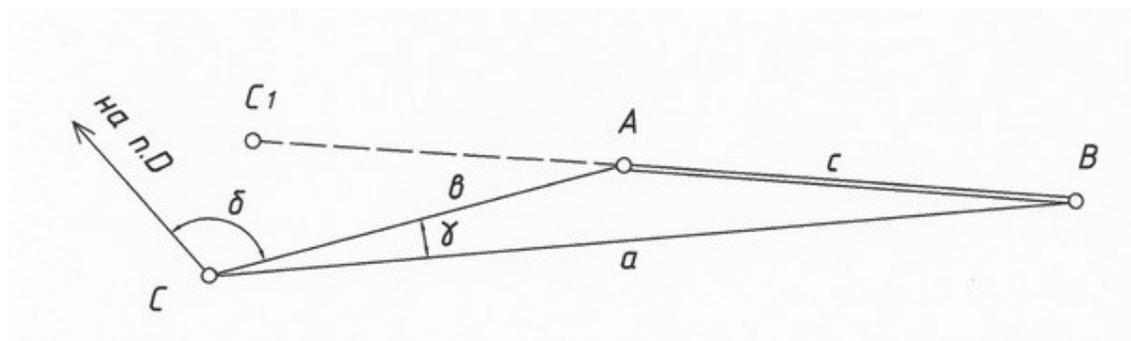


Рис. 2 Схема примыкания соединительным треугольником

Полок на поверхности необходим для измерения рулеткой расстояний a , b , c .

Эти расстояния можно измерить тахеометром, установленным в пункте C (после измерения углов α и δ). Для этого при опускании отвесов A и B примерно на уровне визирования тахеометра нужно зажимами закрепить контрольные рейки из комплекта дальномера ДА-2 [3, рис. 55]. Они изготовлены из алюминия, очень легкие и не повлияют на положение опущенных и нагруженных отвесов A и B . На нужном уровне их можно установить, перепуская проволоки отвесов через блок и координируя место их крепления по сигналам снизу (c места закрепления основных грузов).

Многочисленные исследования показали, что в данном случае удобно использовать тахеометр, установленный в точке C , в безотражательном режиме.

В данном случае будут измерены расстояния от точки C до внешней поверхности контрольной рейки, имеющей строго цилиндрическую форму. Для получения расстояний a и b к измеренным величинам прибавляется половина диаметра контрольной рейки. Визировать тахеометром нужно на продольную ось рейки в любом месте по высоте, т.к. инструмент сразу на табло показывает и горизонтальное положение измеряемой длины.

Наши многочисленные исследования показали, что небольшие колебания контрольной рейки и ее вращательные покачивания дают возможность многочисленные результаты измерений в интервале 1-3 мм. Из них выбираются наименьшие, как наиболее правильные. Контрольные измерения компарированной рулеткой на испытательном стенде подтвердили эти данные.

Для измерения расстояния между отвесами необходимо после измерения всех других элементов сместить в плане тахеометр, чтобы он оказался в створе отвесов A и B (точка C_1). Рейка A не будет закрывать собой рейку B , если последнюю при начальной подвеске расположить на 10-15 см выше рейки A .

Начальное опасение, что проволока выше отвеса A будет давать помехи при измерении расстояния C_1B , не оправдалось.

Искомое горизонтальное расстояние $AB=c$ будет получено, как разность измеренных горизонтальных проложений C_1B и CA .

Расположение тахеометра в створе отвесов A и B может быть осуществлено глазомерно с достаточной точностью, поскольку подсвеченные проволоки отвесов A и B видны очень четко. Это тем более осуществимо с помощью инструмента. Покажем математически достаточную точность расположения точки C_1 в створе отвесов A и B .

Возьмем сравнительно неблагоприятный случай, когда расстояние между отвесами небольшое. Пусть точка C_1 оказалась выставленной не в створе отвесов A и B , в результате чего возникла схема, показанная на рисунке 3.

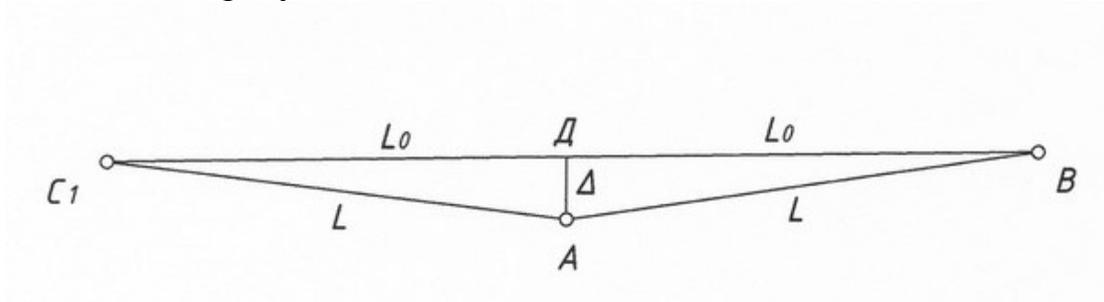


Рис. 3 Погрешность измерения расстояния C_1B из-за неправильного выбора точки C_1

Считаем величину Δ погрешностью связанной с нарушением створа. Очевидно, вместо прямой линии C_1B длиной $2L_0$ образовалась ломаная C_1AB длиной $2L$.

Из треугольника C_1AD вычислим:

$$L_0 = \sqrt{L^2 - \Delta^2} \text{ или } L_0 = L \left[1 - \left(\frac{\Delta}{L} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Величину Δ по сравнению с L можно считать очень малой. В связи с этим последнее выражение (2) можно разложить в ряд, ограничившись двумя членами ряда:

$$L_0 = L \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta}{L} \right)^2 \right] = L - \frac{\Delta^2}{2L} \quad (3)$$

тогда

$$L - L_0 = \frac{\Delta^2}{2L}$$

Длина ломаной будет больше в два раза прямой, соединяющей точки C_1 и B , то есть:

$$2L - 2L_0 = \frac{\Delta^2}{L}$$

Очевидно, эта разность и есть погрешностью M расстояния C_1B , вызванного расположением точки C_1 не в створе отвесов:

$$M = \frac{\Delta^2}{L} \quad (4)$$

Относительная погрешность выражается формулой:

$$\frac{M}{L} = \frac{\Delta^2}{L^2}$$

Согласно [4, п.6.2.16] стороны в соединительном треугольнике при ориентировании должны измеряться с высокой точностью, что соответствует полигонометрическим ходам точности 1:5000.

Для рассматриваемого случая примем предельную погрешность, то есть вдвое более жесткую, равную 1:15000.

Тогда:

$$\frac{\Delta^2}{L^2} = \frac{1}{15000}; \quad \frac{\Delta}{L} \approx \frac{1}{120}$$

Значит, если $L=2$ м, то «нестворность» точек C_1 , А, В примерно составит 18 мм, что вполне возможно выполнить в условиях производства.

Рассмотренный пример показывает, что при ориентировании через один вертикальный ствол можно обойтись без громоздких работ по сооружению перекрытия ствола на поверхности. Это тем более возможно при ориентировании через два вертикальных ствола. Безусловно, все это не исключает принятия всех необходимых мер безопасности. Для оценки работы в реальных условиях нужны дополнительные исследования.

Кроме всего изложенного, следует назвать и одну существенную причину, ограничивающую возможность применения приборов серии FlexLine и им подобных: **ВСЕ ОНИ ИЗГОТОВЛЕНЫ НЕ ВО ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОМ ИСПОЛНЕНИИ.**

Авторам не удалось в рекламных документах найти указаний о степени защиты приборов в условиях взрывоопасной газовой рудничной атмосферы, хотя степень защиты от влаги и пыли приводится в описаниях.

Если разработчики приборов в будущем разработают взрывобезопасные серии, то маркшейдеры многих стран, в которых ведется разработка взрывоопасных по газу пластов (Россия, Украина, Китай, Монголия), получат надежное, эффективное, техническое обеспечение.

Выводы:

1. Внедрение в горное производство тахеометров серии FlexLine и других позволяет гораздо эффективнее вести маркшейдерско-геодезические работы. Особенно это ощущается на открытых горных разработках.
2. Весьма эффективны эти инструменты и на горных предприятиях ведущих подземные работы. Здесь круг решаемых задач возможен более широкий, чем в представленных документах. Выполненные авторами исследования и представленные в статье результаты дают об этом дополнительные представления.
3. К сожалению, выпускаемые приборы невозможно применить на горных предприятиях, опасных по газу.

Библиографический список

1. Руководство по эксплуатации тахеометра Leica FlexLine TS06plus представительства Leica Geosystems.
2. FlexLine plus Mining Прикладная программа Leica Geosystems.
3. Д.Н. Оглоблин, Г.И. Герасименко, А.Г. Акимов, М.Н. Зоря, Г.И. Козловский, В.В. Мирный, С.Г. Могильный, В.К. Музыкантов, С.И. Никольский, М.Г. Папазов, С.Ф. Травник, Г.Л. Фисенко, П.Г. Швердин, В.И. Шурыгин. Маркшейдерское дело. – 3-е изд. перераб. и доп. М.: Недра, 1981, 704с.
4. Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах. Інструкція. Мінпаливенерго України, Київ, 2001, 264с.