

**Лекция № 3.** Подземные теодолитные съемки. Общие сведения. Рудничные теодолитные ходы. Закрепление пунктов теодолитного хода. Горные теодолиты. Проверки и исследования горных теодолитов. Визирные и центрировочные приспособления. Измерение горизонтальных углов. Измерение вертикальных углов. Измерение расстояний. Съемка подробностей.

Маркшейдерские съемки при подземной разработке МПИ представляют собой комплекс съемок на земной поверхности, в горных выработках и соединительных съемок, позволяющий определять по технологическим требованиям горного производства координаты пунктов в единой системе.

При подземных маркшейдерских съемках ведущее место занимает горизонтальная теодолитная съемка, в ходе которой выполняют угловые и линейные измерения для определения координат системы пунктов, отмеченных в горных выработках шахты специальными знаками.

При съемке подземных горных выработок, так же как и при съемке земной поверхности, неуклонно соблюдение принципа последовательного перехода от более общих и точных геометрических построений к частным и менее точным построениям. В соответствии с ним процесс состоит из следующих видов работ.

1. Построение маркшейдерских опорных сетей, являющихся главной геометрической основой всех подземных съемок и состоящих из полигонометрических ходов, прокладываемых, как правило, по капитальным и основным горным выработкам.

2. Создание маркшейдерских съемочных сетей, являющихся основой для съемки горных выработок и состоящих из теодолитных и угломерных ходов. Первые предназначены для пополнительной съемки капитальных и основных подготовительных выработок, а также для съемки подготовительных выработок; вторые - для съемки нарезных выработок в блоках (участках) и очистных забоях. Теодолитные ходы опираются на пункты и стороны опорной сети, угломерные - на пункты и стороны теодолитных и полигонометрических ходов. При прокладке угломерных ходов используются приборы пониженной точности (угломеры, буссоли).

**Подземные плановые опорные сети.** Они создаются в виде систем или одиночных полигонометрических ходов, развивающихся от закрепленных в околосвольных выработках исходных постоянных пунктов. Построение опорных сетей должно обеспечивать требуемую точность определения положения удаленных пунктов независимо от протяженности сетей, закрепление пунктов сетей с отставанием от проходки забоев горных выработок, не превышающим 300—500 м, с учетом возможного непрерывного развития сетей.

**Закрепление пунктов теодолитного хода.** В задачу рекогносцировки входит обследование состояния горных выработок, в

которых предусмотрено построение опорных и съемочных сетей, а также выбор мест для закрепления пунктов.

Вершины углов полигонов (ходов) в горных выработках закрепляются постоянными или временными знаками в зависимости от их положения и назначения. При выборе мест закрепления пунктов теодолитной съемки руководствуются следующими общими требованиями: взаимная видимость смежных пунктов, наибольшее расстояние между ними, длительная сохранность пунктов, удобные и безопасные условия измерений.

**Постоянными знаками** закрепляются пункты, входящие в опорные сети, называемые постоянными. Они устанавливаются в местах, обеспечивающих полную их сохранность. Закладываются они в околоствольном дворе, в главных и участковых квершлагах, в полевых и основных откаточных штреках и в других горных выработках длительного срока службы группами по 3-4 пункта в смежных вершинах полигона, что обеспечивает возможность контроля их стабильности путем повторного измерения горизонтального угла. Группы постоянных пунктов закладываются через 300-500 м друг от друга, расстояние между смежными пунктами должно быть не менее 50 м. В случае неустойчивых пород группы постоянных пунктов закладываются по мере возможности.

Постоянные пункты закрепляются в почве или кровле выработки в зависимости от состояния пород. Конструкция пунктов может быть различной (рис. 3).

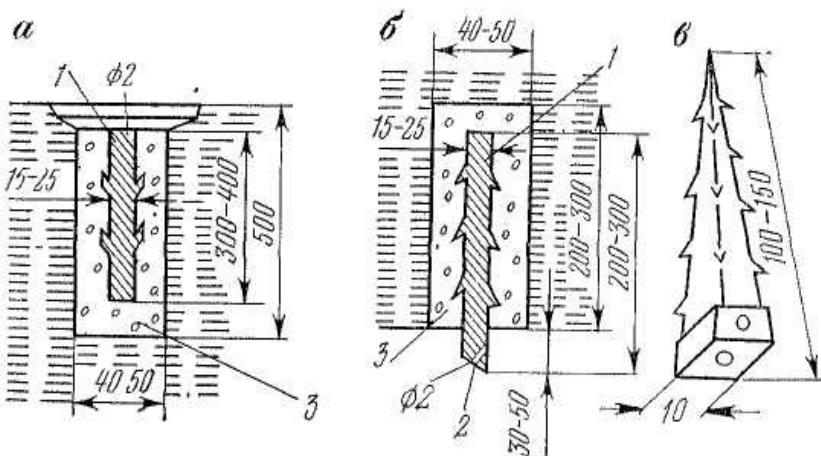
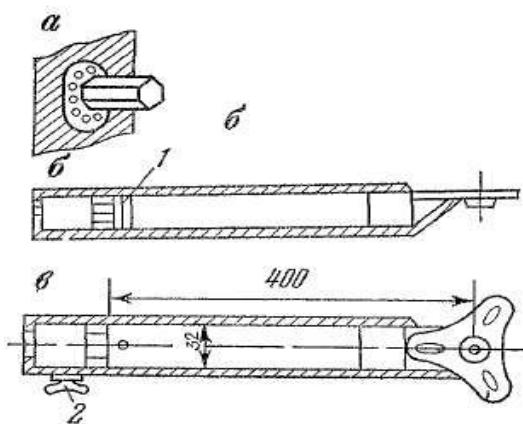


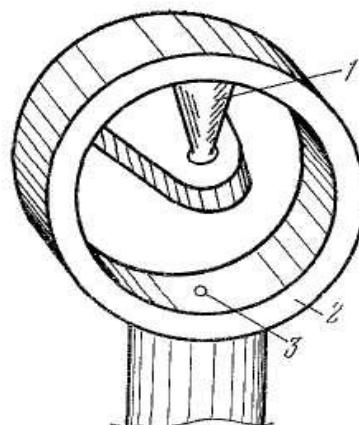
Рис 3 Постоянные пункты подземной теодолитной съемки  
 а - в почве выработки, б - в кровле выработки, в - центр, забиваемый в деревянную пробку или непосредственно в кровлю выработки, 1 - стальной стержень, 2 - медная пробка, 3 - бетон

В ряде случаев постоянные пункты закладываются в стенки или бока выработок и называются боковыми постоянными пунктами. Конструкция их центров может быть разной.



*Рис 4 Боковой центр*  
*а — общий вид, б — вертикальный разрез консоли,*  
*в — горизонтальный разрез болта*

При использовании боковых постоянных маркшейдерских пунктов удобно для подвешивания отвеса (центрирования теодолита и сигнала) применять специальное самоцентрирующееся кольцо (рис. 5).



*Рис 5 Самоустанавливающееся кольцо*  
*1 — центрировочный конус, 2 — кольцо, 3 — отверстие*  
*для отвеса*

При закладке постоянного пункта составляется эскиз его местонахождения и способа закрепления, который воспроизводится в журнале вычислений координат полигонов.

**Временными знаками** закрепляются все пункты подземных теодолитных полигонов (ходов), кроме тех, которые избраны для закрепления постоянными. Конструкция знаков временных маркшейдерских пунктов в выработках может быть весьма разнообразной: без крепи (рис. 6, а), в верхняках деревянной крепи (рис. 6, б), в деревянных пробках (6, в), в выработках с металлической или штанговой крепью (6, г).

Напротив каждого постоянного или временного знака на стойках крепи устанавливаются марки (рис. 7) с обозначением порядкового номера пункта. В горных выработках, закрепленных бетоном, металлом или пройденных без крепления, номер пункта надписывается на стенке выработки масляной краской.

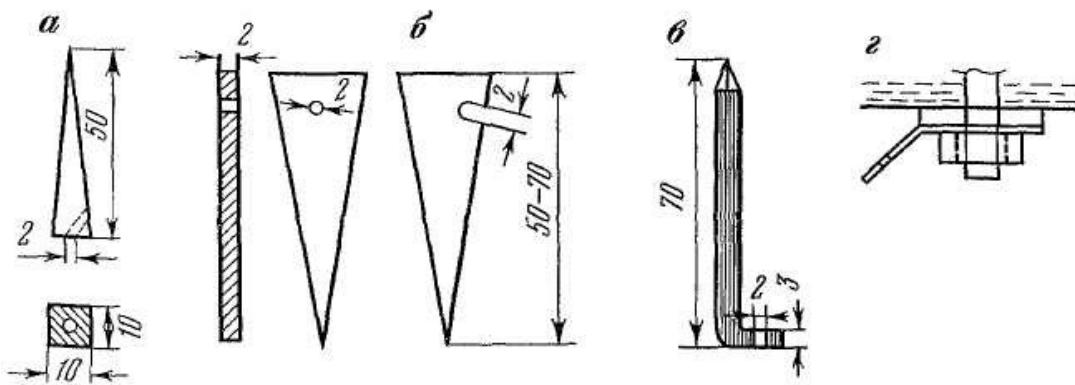


Рис. 6. Временные маркшейдерские пункты

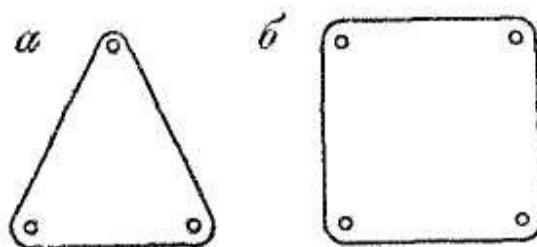


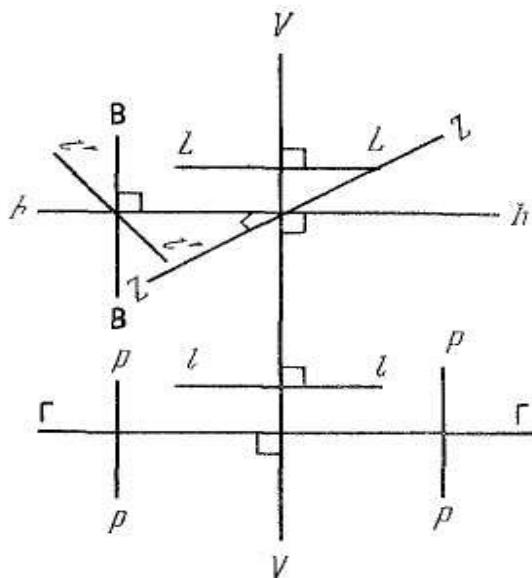
Рис. 7. Марки:  
а - для постоянного знака, б - для временного знака

Порядок нумерации для каждой шахты устанавливает главный маркшейдер; повторение номеров на одной и той же выработке недопустимо.

**Горные теодолиты. Поверки и исследования горных теодолитов. Визирные и центрировочные приспособления.** Для измерения горизонтальных и вертикальных углов подземных полигонов (ходов) применяются горные теодолиты.

Среди современных отечественных технических теодолитов широко известны оптические повторительные теодолиты ТЗО. В результате их модернизации в 1979 г. был создан и в настоящее время серийно выпускается прибор 2ТЗО (рис. 9, а), внешне сходный с базовым ТЗО.

Для получения точных результатов измерений геометрические элементы теодолита должны быть соответственным образом ориентированы относительно друг друга, т. е. должны быть соблюдены основные геометрические условия:  $VV \perp \Gamma\Gamma$ ;  $hh \perp VV$ ;  $ZZ \perp hh$ ;  $hh \perp BB$ ,  $LL \parallel ll$ ,  $ll \perp VV$ .



*Рис. 10. Основные геометрические элементы теодолита*

Указанные условия конкретно реализуются выполнением следующих основных требований:

- вращение подъемных винтов подставки должно быть плавным, без качки, скачков, срывов;
- ось цилиндрического уровня алидады горизонтального круга должна быть перпендикулярна, а ось круглого уровня - параллельна вертикальной оси прибора;
- визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси ее вращения;
- ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения прибора;
- место нуля или место зенита при зенитной оцифровке (МО) вертикального круга должно быть равно или близко к  $0^\circ$ ;
- визирная ось оптического отвеса (центрира) должна совпадать с вертикальной осью теодолита;
- при горизонтальном положении зрительной трубы знак верхнего центра должен совпадать с вертикальной осью прибора.

Методика перечисленных поверок теодолита, за исключением последней, известна из курса геодезии.

Центрирование может быть осуществлено разными способами. В маркшейдерской практике нашли применение три способа центрирования - механическим отвесом, оптическим отвесом (центриром) и автоматическое.

**Измерение горизонтальных углов. Измерение вертикальных углов. Измерение расстояний. Съемка подробностей.** При подземной теодолитной съемке, как правило, измеряются левые по ходу горизонтальные углы. При этом применяют теодолиты средней и технической точности в зависимости от назначения съемки. Первые из них предпочтительнее при построении опорных сетей и выполнении

ответственных задач, требующих точных угловых измерений. Вторые - при создании съемочных сетей и производстве рядовых угловых измерений. Однако при необходимости и соответствующей методике измерений их используют и при построении опорных сетей.

В качестве сигналов, как правило, используются шнуровые отвесы, подвешиваемые к центрам знаков; при визировании зрительная труба наводится на освещенный отвес, шнур которого совмещается с биссектором сетки нитей.

Рассмотрим сущность способа повторений и способа приемов измерения горизонтальных углов.

**Способ повторений.** При измерении горизонтального угла при одном повторении соблюдается следующий порядок действий.

Устанавливают и закрепляют нуль алидады при отсчете, близком  $0^\circ$ , и, вращая лимб, визируют на задний сигнал; берут отсчет  $a_1$ .

Вращая алидаду по ходу часовой стрелки, визируют на передний сигнал и берут контрольный отсчет  $a_2$ .

Переводят трубу через зенит; открепляют лимб и, вращая его вместе с алидадой, визируют на задний сигнал; отсчет не берут.

Открепив алидаду и вращая ее против часовой стрелки, визируют на передний сигнал; берут отсчет  $a_3$ .

Величину левого по ходу горизонтального угла вычисляют по формуле

$$\beta = \frac{a_3 - a_1}{2}.$$

Кроме того, для контроля вычисляют

$$\beta_k = a_2 - a_1.$$

Разность между  $\beta$  и  $\beta_k$  должна быть не больше полуторной точности отсчитывания; в противном случае повторяют измерение угла.

**Способ приемов** (независимых полуприемов) заключается в следующем.

Закрепляют лимб, визируют на задний сигнал и берут отсчет  $a_1$  по лимбу близкий  $0^\circ$ .

Визируют на передний сигнал и берут отсчет  $a_2$  по лимбу, разность отсчетов равна измеряемому углу при первом положении трубы,

Открепляют лимб, поворачивают его на  $60-90^\circ$  и закрепляют, затем переводят трубу через зенит и вновь наводят на задний сигнал и берут отсчет  $a_3$ .

Вторично визируют на передний сигнал, берут отсчет  $a_4$  и вычисляют значение угла при втором положении трубы.

Вычисляют среднюю величину угла из двух полуприемов по формуле

$$\beta = \frac{(a_2 - a_1) + (a_4 - a_3)}{2}.$$

Допустимое расхождение между полуприемами должно быть не более  $1'$ .

При производстве подземной теодолитной съемки в наклонных выработках одновременно с горизонтальными углами измеряют **углы наклона сторон**, необходимые для вычисления горизонтальных проложений длин сторон и определения относительных превышений точек теодолитного хода.

Под точкой  $A$  (рис. 16, а) установлен теодолит для измерения угла наклона  $\delta$  визирного луча  $1—2$ , проходящего через соответствующую точку  $B$  хода точку  $2$ , отмеченную на шнуре отвеса.

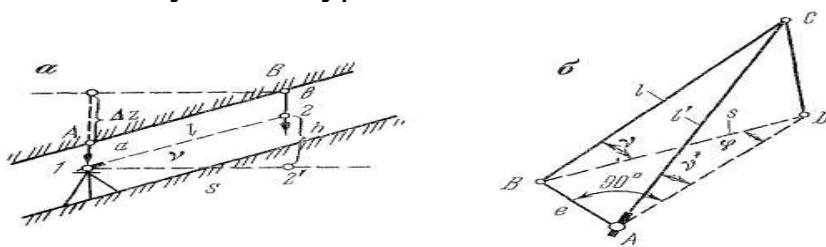


Рис. 16. Схемы измерений угла наклона при центральном (а) и внецентренном (б) положениях зрительной трубы теодолита

Измерение угла наклона  $\delta$  производят при двух положениях трубы — вычисляют угол наклона  $\delta$  и МО из выражений:

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{КП - КЛ}{2}; & \delta &= КП - МО; & \delta &= МО - КЛ; & МО = \\ &= \frac{КП + КЛ}{2},\end{aligned}$$

где МО — место нуля (отсчет по вертикальному кругу, соответствующий горизонтальному положению луча визирования зрительной трубы).

При вычислении угла  $\delta$  к отсчетам меньшим  $90^\circ$  прибавляют  $360^\circ$  для обеспечения одинаковых знаков углов их размерности.

**Линейные измерения** при подземных теодолитных съемках являются трудоемкими и важными работами, требующими высокой квалификации исполнителя и тщательного выполнения.

В зависимости от назначения съемок, условий их выполнения и требуемой точности их выполнения измерения производят с помощью рулеток, лент, длинометров, дальномерных насадок, светодальномеров и другими способами.