

**Лекция №6.** Организация ориентировки через один вертикальный ствол. Примыкание к отвесам способом «соединительного треугольника». Организация работ. Необходимые инструменты, приборы.

***Организация ориентировки через один вертикальный ствол.***

Работы, выполняемые при ориентировании через один вертикальный ствол, подразделяются на два периода: подготовительный и основной.

В подготовительный период выполняются все работы до спуска отвесов и не требующие для своего выполнения остановки шахтного подъема. К таким работам относятся:

1. Составление проекта ориентировки с подробной схемой расположения околоствольного двора и оборудования в стволе, возможного расположения отвесов, подходных и примычных пунктов, выбора способов решения задачи проектирования и задачи примыкания.

2. Закрепление подходных и примычных пунктов и привязка их к пунктам опорной сети на поверхности и к пунктам теодолитной съемки на ориентируемом горизонте.

3. Выбор мест для установки лебедок, блоков и другого снаряжения, подготовка материалов перекрытия зумпфа и устья ствола.

4. Подготовка и проверка инструментов и снаряжения (теодолиты, лебедки, блоки, грузы, проволока, проектировочные тарелочки, средства связи и т. д.), необходимых при производстве ориентировки.

При составлении проекта выявляется возможность получения наиболее выгодной формы соединительной фигуры примыкания с возможно максимальным расстоянием между отвесами, выявляется возможность снижения скорости воздушного потока и ослабления других факторов, влияющих на точность проектирования. Разрабатывается методика работ с учетом безопасности их выполнения, устанавливаются сроки выполнения работ и состав исполнителей. От тщательности подготовки и продуманности всех этапов работ во многом зависит успешное выполнение ориентировки и достижение необходимой точности.

В основной период непосредственно выполняются проектирование и примыкание на поверхности и в шахте. Состав исполнителей делится на две группы. Одна группа остается на поверхности, другая группа с необходимым для работ снаряжением опускается, в шахту. Работы, выполняемые на поверхности и в шахте, должны быть строго согласованы между группами и выполняться в соответствии с установленной очередностью и соблюдением мер безопасности.

Для решения задачи проектирования с помощью отвесов необходимо специальное оборудование и аппаратура: отвесы (проволока с грузом), ручные лебедки, направляющие блоки, центрировочные тарелки и пластинки, успокоители и другие приспособления и устройства. Расположение оборудования и аппаратуры показано на рис. 55.

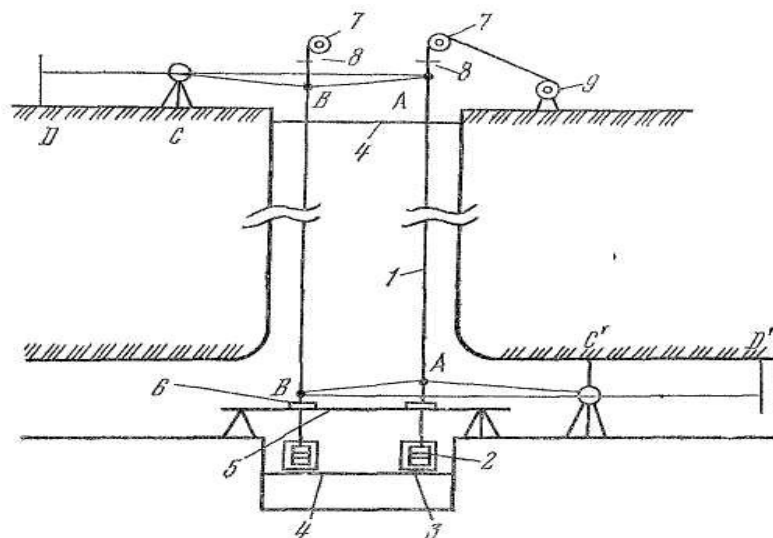


Рис. 55. Схема центрирования и ориентирования подземной съемки через один вертикальный ствол:

1- проволока, 2 - груз, 3 - сосуд-успокоитель, 4 - полки, перекрывающий устье ствола и зумпфа; 5 - полки для закрепления тарелочки, 6 - проектировочная тарелочка; 7 - направляющий блок; 8 - центрировочная пластинка, 9 - ручная лебедка

Проволоки 1 отвесов, сматываемые с барабанов лебедок 9, перекидываются через направляющие блоки 7 и вводятся в прорези центрировочных пластинок 8. Затем к проволокам прикрепляют легкие грузы и опускают в ствол. На ориентируемом горизонте рабочие грузы 2 погружают в успокоители 3.

При проектировании с колеблющимся отвесом устанавливают проектировочные тарелки, с помощью которых определяют положение покоя отвесов. В этом случае проектирование может быть выполнено как с успокоителями, так и без успокоителей.

Отвес, используемый при ориентировании, представляет собой стальную проволоку, один конец которой закрепляют на поверхности, а на другой конец проволоки, опускаемый в ствол, подвешивают груз.

Для отвесов применяют стальную проволоку высокой прочности. Диаметр проволоки выбирают в зависимости от глубины ствола и в соответствии с весом груза. При прочих равных условиях предпочтение отдается проволоке с меньшим диаметром. Для данной проволоки максимальный вес груза не должен превышать 60% предела прочности проволоки (табл. 6).

При использовании проволоки неизвестного класса необходимо предварительно испытать ее на прочность. С этой целью на закрепленный отрезок проволоки подвешивают груз весом в 1,5 - 2 раза большим, чем вес предполагаемого рабочего груза.

Диаметр проволоки, мм	Проволока повышенной проч- ности (II)		Проволока высокой прочности (В)	
	Предел прочности при растяжении, кг	Допускаемый вес груза, кг	Предел прочности при растяжении, кг	Допускаемый вес груза, кг
0,5	43	26	52	31
0,8	100	60	130	78
1,0	153	92	196	118
1,5	336	202	388	233
2,0	550	330	628	377

При ориентировании шахт глубиной до 300 м используют проволоку диаметром 0,5 - 0,8 - 1,0 мм, более 300 м 1 - 2 мм.

Для проектирования на глубину до 100 м может применяться цельнометаллический груз (рис. 56, а) с крючком для подвеса к проволоке. При ориентировании глубоких горизонтов рекомендуется более удобная конструкция составного груза (рис. 56, б), состоящего из штанги 1 и комплекта чугунных дисков 2, имеющих радиальные прорезы для надевания на штангу.

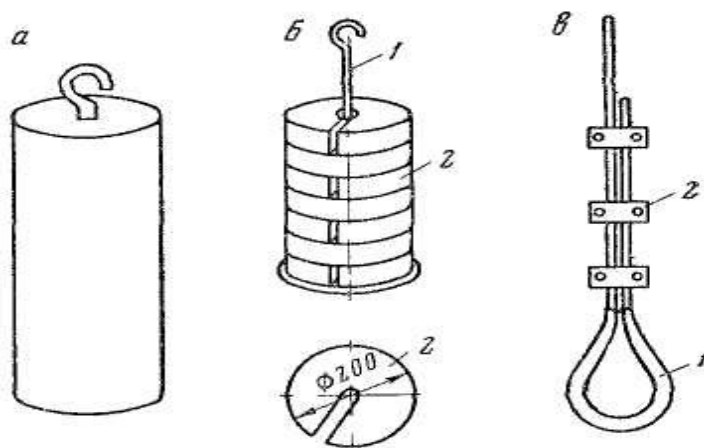


Рис. 56. Груз отвеса

Для скрепления штанги с проволокой используют обойму 1 и зажимы 2 (рис. 56, в), при помощи которых скрепляют перекинутую через обойму проволоку. При ориентировании неглубоких шахт скрепление может быть выполнено скручиванием проволоки, перекинутой через обойму или крючок. Участок скручивания проволоки для большей надежности может быть обмотан мягкой проволокой.

С целью приведения отвеса в неподвижное положение (положение покоя) или уменьшения его колебаний, вызываемых воздействием на отвес внешних сил (движение воздуха, капежа и др.) применяют успокоители (демпферы). В качестве успокоителей обычно используют баки с водой или вязкой жидкостью. Размеры баков должны соответствовать габаритам груза. Важно, чтобы груз не касался стенок и дна бака.

Проволока, используемая для ориентирования, обычно хранится в намотанном виде на барабане лебедки (рис. 57). При ориентировании проволока, сматываемая с барабана лебедки и перекинутая через направляющий блок (рис. 58), опускается в ствол шахты. Диаметр барабана и блока должен быть не менее 20—25 см.

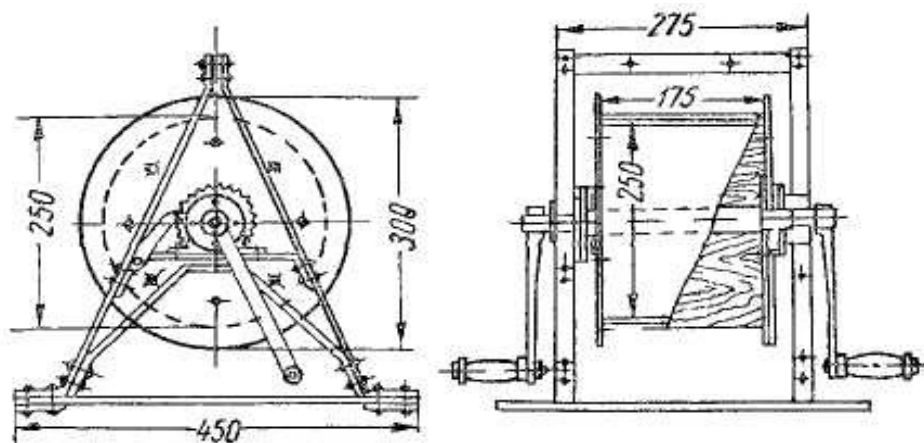


Рис. 57. Ручная лебедка

Устанавливают лебедки на нулевой или приемной площадке копра. Блок закрепляют на специальных брусках приемной площадки, ниже блока закрепляют центрировочную пластинку (см. рис. 55 и 58). Назначение пластинки - обеспечивать неподвижность точки закрепления отвеса. Приспособления, с помощью которых закрепляется пластинка, должны быть изолированы от копра. Конструкция пластинки показана на рис. 58.

Если при проектировании не пользуются центрировочными пластинками, то блоки в этом случае закрепляют более надежно. При этом блоки и лебедки закрепляют таким образом, чтобы оси их вращения были примерно перпендикулярны створу отвесов и направляющий канал (ручей) блока располагался бы против середины барабана.

Перед началом работ по установке аппаратуры и производству наблюдений устье ствола и зумпф (или участок ствола ниже ориентируемого горизонта) перекрывают сплошным настилом из досок.

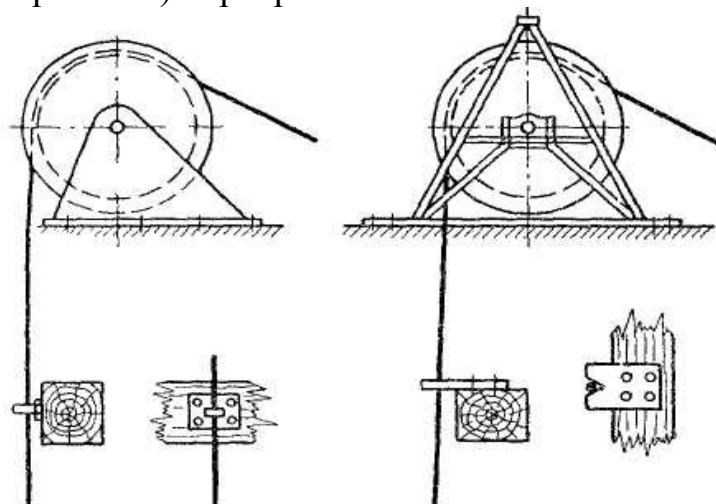


Рис. 58. Направляющий блок и центрировочная пластинка

Спуск отвесов производят последовательно. Вначале опускают один отвес, затем другой. Отвесы опускают медленно с легкими грузами (3—5 кг), которые на ориентируемом горизонте заменяют рабочими грузами.

После спуска отвесов проверяют, не касаются ли они стенок ствола или оборудования, расположенного в стволе. Проверка может быть выполнена различными способами, наиболее распространенными из них являются: 1) сравнение расстояний между отвесами, измеренными на поверхности и в шахте; 2) посылка «почты» с поверхности в шахту; 3) сравнение периодов одного колебания отвеса, полученного из фактических наблюдений с вычисленными по формуле.

В первом способе измеряют горизонтальные расстояния между отвесами на поверхности и в шахте и сравнивают их между собой. Расхождение измеренных расстояний не должно превышать 2 мм.

Во втором способе на проволоку отвеса на поверхности надевают кольцо диаметром 2 - 3 см, изготовленное из мягкой проволоки, и опускают по проволоке отвеса в шахту. Если кольцо, не задерживаясь, доходит до груза, предполагают, что отвес висит в стволе свободно. По каждому отвесу для контроля опускают два-три кольца.

В третьем способе проверка по времени колебания отвеса основана на том, что отвес рассматривается как маятник. Известно, что время одного колебания (размаха)

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \approx \sqrt{l},$$

где  $l$  - длина отвеса, м;

$g$  - ускорение силы тяжести, равное  $9,81 \text{ м/сек}^2$ .

Если  $t$ , полученное из наблюдений, соответствует вычисленному по формуле, предполагают, что отвес висит свободно; в противном случае отвес висит не свободно, и примерное расстояние от ориентируемого горизонта до места касания может быть определено из выражения

$$l' \approx t^2.$$

При ориентировании пользуются в основном первыми двумя способами проверки.

Более точное решение задачи проектирования при существующих условиях воздушного режима и капежа в шахтных стволах может быть осуществлено посредством наблюдения за колебаниями отвесов. В этом случае не добиваются неподвижности отвесов (проектирование с неподвижным отвесом), а проектирование выполняют колеблющимся отвесом.

Наблюдения за колебаниями отвесов производят с помощью шкал, устанавливаемых неподвижно вблизи отвесов на расстоянии нескольких сантиметров от отвеса с таким расчетом, чтобы отвес, совершая колебания, не касался шкалы. На расстоянии нескольких метров от шкалы перед отвесом устанавливают теодолит, в зрительную трубу которого наблюдают

за отвесом, фиксируя его колебания отсчетами по шкале. Отсчеты берут по внешней или внутренней сторонам проволоки отвеса и его крайних положениях.

На рис. 59 отсчеты  $l_1, l_2 \dots$  соответствуют крайним левым положениям отвеса, отсчеты  $r_1, r_2, \dots$  крайним правым положениям отвеса. Взяв серию отсчетов (11—13 отсчетов), вычисляют средний шкальный отсчет  $N_0$ , соответствующий положению покоя отвеса.

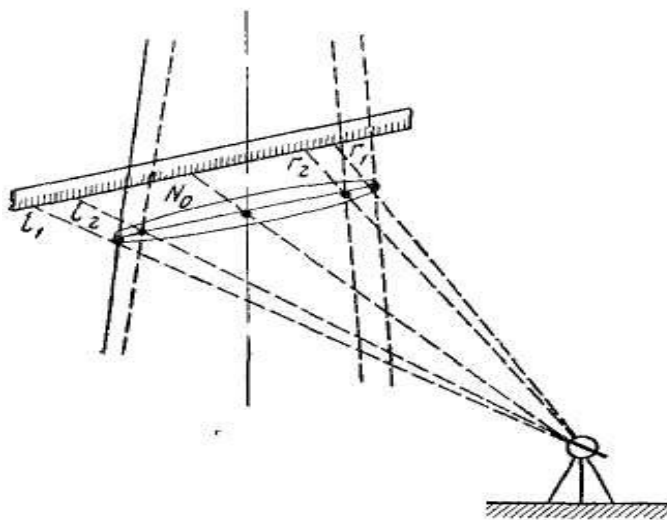


Рис. 59. Схема наблюдений за колебаниями отвеса

$$N_0 = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_K}{K},$$

где

$$N_1 = \frac{l_1 + 2r_1 + l_2}{4}; \quad N_2 = \frac{r_1 + 2l_2 + r_2}{4} \text{ и т. д.};$$

$$K = (n - 1) + (m - 1),$$

$n$  и  $m$  - соответственно число левых и правых отсчетов.

Средний отсчет может быть определен также по приближенной формуле

$$N_0 = \frac{1}{2} \left( \frac{\sum l}{n} + \frac{\sum r}{m} \right),$$

Средний отсчет  $N_0$  фиксирует положение покоя отвеса в направлении, параллельном шкале. Для полного определения покоя отвеса необходимо найти средний отсчет  $M_0$  по шкале  $M$ , перпендикулярной шкале  $N$ .

Приспособлением, позволяющим определять положение покоя отвеса в двух взаимно-перпендикулярных направлениях, является проектировочная тарелочка. Проектировочная тарелочка (рис. 60) устанавливается на уровне теодолита на горизонтально закрепленных досках, в которых проделываются два отверстия для отвесов. Диаметр отверстий должен соответствовать внутреннему диаметру тарелочки. Тарелочки над отверстиями должны быть установлены таким образом, чтобы отвес колебался примерно в центре тарелочки, не касаясь ее внутренних бортов, а одна из шкал была бы перпендикулярна линии визирования.

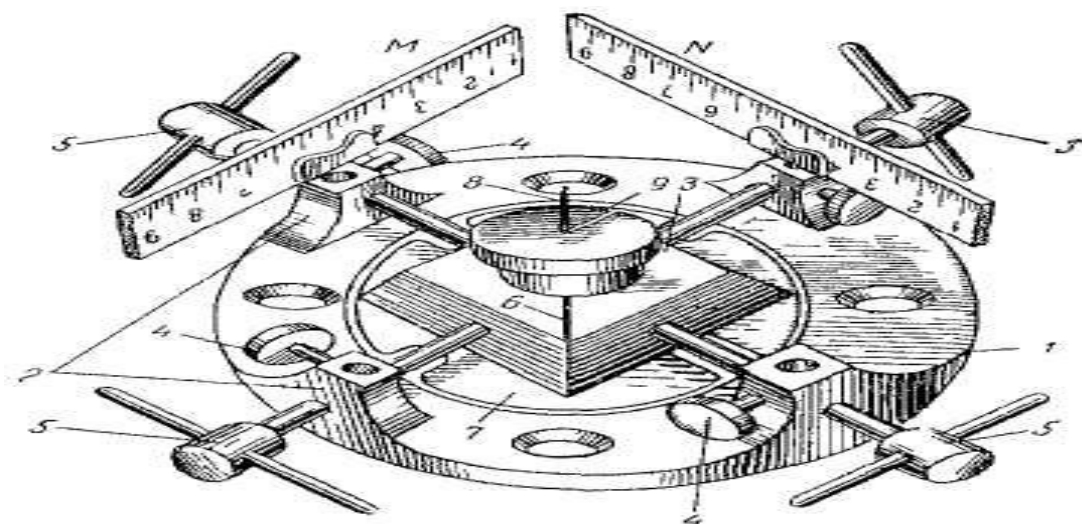


Рис. 60. Общий вид проектировочной тарелочки

Основанием тарелочки служит кольцо *1* с четырьмя гнездами *2* для установки шкал *M* и *N*, зажимных и закрепительных винтов. Зажимные винты *4* служат для закрепления шкал, а фиксирующие винты *5* для закрепления фиксатора *3*. Фиксатор устанавливают на пластинку *7*, вставляемую в тарелочку. В фиксаторе имеется щель *6*, в которую вводится проволока *8* отвеса и зажимается гайкой *9*, навинчиваемой на головку фиксатора.

Проектирование с колеблющимся отвесом может быть выполнено с помощью двух или одного теодолита (рис. 61). Если используется один теодолит, то для наблюдений за колебаниями отвеса по шкале, параллельной визирному лучу, устанавливают зеркало, располагаемое под углом  $45^\circ$  к шкалам.

При проектировании после закрепления тарелочки и шкал наблюдают за колебаниями отвеса и определяют средние отсчеты  $N_o$  и  $M_o$ . Затем осторожно, не задевая шкал и зеркала, вставляют пластинку. На пластинку устанавливают фиксатор и закрепляют проволоку. Далее, действуя фиксирующими винтами, перемещают фиксатор с проволокой в перпендикулярных направлениях до тех пор, пока проволока не займет положения, соответствующего средним отсчетам.

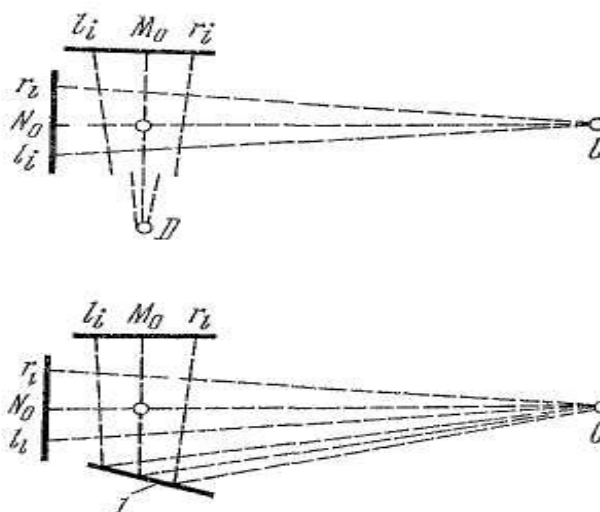


Рис. 61. Схема проектирования и определения покая отвеса с двумя теодолитами и одним теодолитом

Вместо фиксатора может быть установлен центрик (по устройству аналогичный фиксатору) с острием в виде иглы. В этом случае после наблюдений за колебаниями проволока выводится из тарелочки, и на пластинку устанавливают центрик, игла которого заменяет проволоку. Положение иглы, как и проволоки, находят по средним отсчетам.

Среднее положение отвеса может быть определено также с помощью окулярной шкалы. Окулярная шкала располагается в плоскости сетки нитей трубы теодолита, и ее нулевое деление совпадает с осью визирования. Теодолит устанавливают на примычной точке и измеряют примычный угол. Одновременно с измерением угла наблюдают за колебаниями отвеса, фиксируя их отсчетами по окулярной шкале. Из наблюдений определяют средний отсчет  $n$  и вычисляют угловую поправку из выражения  $\Delta\beta = nt$ , где  $t$  — цена деления шкалы. Полученную поправку вводят в измеренный угол и, таким образом, находят положение покая отвеса.

При проектировании с окулярной шкалой положение покая отвеса может быть определено только в одной плоскости, перпендикулярной лучу визирования, что является недостатком способа.

О точности решения задачи проектирования с помощью отвесов можно судить по угловой ошибке

$$\theta = \frac{e}{c} \rho,$$

где  $e$  — линейная ошибка проектирования;

$c$  — расстояние между отвесами.

Допустимая ошибка ориентирования, установленная технической инструкцией, может быть обеспечена, если численное значение угловой ошибки проектирования  $\theta$  не превышает  $\pm 40''$ .

Ошибка  $\theta$  зависит от расстояния между отвесами и линейной ошибки проектирования. При  $c = 3$  м и  $\theta = +40''$  линейная ошибка проектирования составит

$$e = \frac{\theta c}{\rho} = \frac{40'' \cdot 3000}{200\,000''} = 0,6 \text{ мм.}$$

Таким образом, для повышения точности решения задачи проектирования следует стремиться к выбору максимального расстояния между отвесами и более тщательно выполнять проектирование, используя наблюдения за колебаниями отвесов.

Последовательность выполнения отдельных видов работ:

1. Прекращают работы по подъему. Отделения ствола, используемые для отвесов, освобождают от подъемных сосудов.

2. Перекрывают устье ствола и зумпфа сплошным и прочным настилом из досок.

3. Закрепляют лебедки, блоки и центровочные пластинки.

4. Опускают отвесы последовательно с легким (3 - 5 кг) грузом и с малой скоростью (1 м/сек). При спуске отвесов маркшейдер пропускает проволоку «через руку». Замеченные дефекты должны быть устранены.

5. На ориентируемом горизонте легкие грузы заменяют рабочими грузами. Закрепляют проектировочные тарелочки и грузы помещают в успокоители, если в их использовании есть необходимость.

1. Проверяют отвесы «почтой» и сравнивают расстояния между отвесами на поверхности и в шахте. Разность расстояний не должна быть более 2 мм. Измерение расстояний между отвесами в шахте при проектировании колеблющимися отвесами производится после их закрепления в проектировочных тарелочках.

6. На ориентируемом горизонте устанавливают шкалы и наблюдают за колебаниями отвесов. По каждой шкале берут серию (11 - 13) отсчетов. По средним отсчетам закрепляют проволоку отвесов или центрики тарелочек.

7. Измеряют угловые и линейные элементы соединительных фигур на поверхности и в шахте.

8. После выполнения всех измерений отвесы с легкими грузами последовательно поднимают на поверхность и оборудование демонтируют.

В процессе выполнения всех работ при ориентировании надлежит неукоснительно соблюдать правила безопасности работ. Особенно это требование относится к исполнителям, работающим в стволе и вблизи ствола. При работе на поверхности над стволом работающие должны принять все меры к недопущению падения в ствол каких-либо предметов (гвоздей, кусков породы и т. д.). Вблизи ствола не должно быть посторонних лиц, не принимающих участия в работе. Спуск и подъем отвесов должны быть строго согласованы между группами, работающими на поверхности и в шахте. Сроки начала и конца работ должны быть согласованы с техническим надзором шахты. Между группами, работающими на поверхности и в шахте, должна быть установлена телефонная связь и система звуковой сигнализации.

**Примыкание к отвесам способом «соединительных треугольников».** Выше указывалось, что для выполнения соединительной съемки через один вертикальный ствол необходимо определение углов при отвесах. Эти углы должны быть либо измерены, либо вычислены. Решение задачи примыкания с измерением углов при отвесах сопряжено с большими трудностями и в практике не нашло применения. Примыкание с вычислением углов при отвесах является более простым и широко используется. Наиболее распространенным способом примыкания с вычислением углов при отвесах является способ соединительных треугольников (рис. 62).

В результате съемки на поверхности определены:

- 1) дирекционный угол  $(DC)$  примычной стороны  $DC$ ;
- 2) координаты  $y_C$  и  $x_C$  примычной точки  $C$ .

На ориентируемом горизонте посредством ориентировки требуется определить:

- 3) дирекционный угол  $(C'D')$  примычной стороны  $C'D'$ ;
- 4) координаты  $y_{C'}$  и  $x_{C'}$  примычной точки  $C'$ .

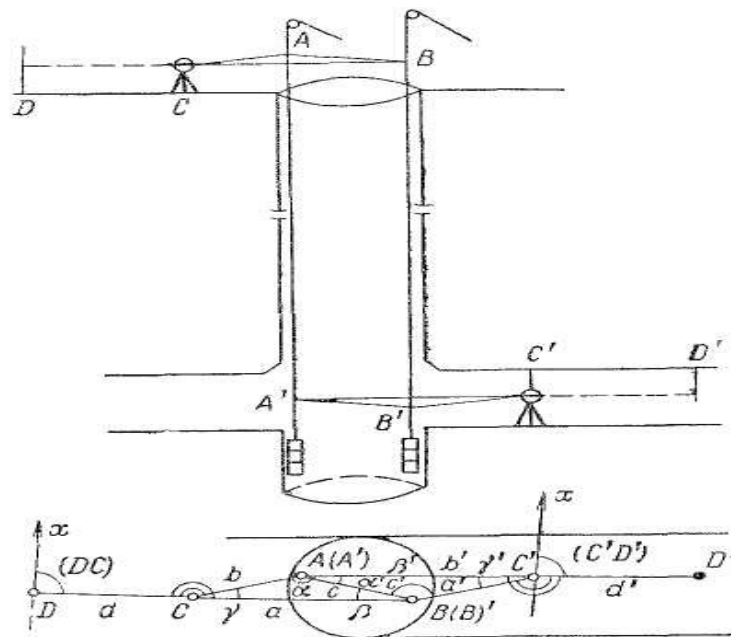


Рис. 62. Схема примыкания по способу соединительных треугольников

Предполагается, что задача проектирования решена. Примыкание к отвесам обычно производится одновременно на поверхности и на ориентируемом горизонте в шахте. На поверхности примычная точка  $C$  и отвесы  $A$  и  $B$  образуют соединительный треугольник  $ABC$ , в шахте примычная точка  $C'$  и отвесы  $A'$  и  $B'$  - соединительный треугольник  $A'B'C'$ .

При примыкании на поверхности измеряют примычные углы  $DCA$ ,  $DCB$ , угол  $ACB$  ( $\gamma$ ) и все три стороны треугольника  $a$ ,  $b$  и  $c$ . В шахте измеряют примычные углы  $D'C'B'$ ,  $D'C'A'$ , угол  $B'C'A'$  ( $\gamma'$ ) и стороны  $a'$ ,  $b'$  и  $c'$ . Углы измеряют тремя полными повторениями. Длины измеряют стальной

рулеткой на весу (при постоянном натяжении) не менее 5 раз, с точностью отсчитывания до 1 мм. Разность между отдельными измерениями одной и той же стороны не должна превышать 2 мм. Разности измеренных на примычных точках углов  $DCB - DCA - \gamma$  и  $D'C'A' - D'C'B' - \gamma'$  не должны превышать 20".

Углы при отвесах в соединительных треугольниках вычисляют по теореме синусов. Если треугольники имеют вытянутую форму, в которых углы  $\alpha'$  и  $\beta < 20^\circ$ , а углы  $\beta'$  и  $\alpha > 160^\circ$ , то формулы имеют вид

$$\left. \begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{a}{c} \sin \gamma; \\ \sin \beta &= \frac{b}{c} \sin \gamma; \\ \sin \alpha' &= \frac{a'}{c'} \sin \gamma'; \\ \sin \beta' &= \frac{b'}{c'} \sin \gamma'. \end{aligned} \right\}$$

Если же треугольники имеют весьма вытянутую форму, в которых углы  $\alpha'$  и  $\beta < 2^\circ$ , а углы  $\beta'$  и  $\alpha > 178^\circ$ , то для их решения могут быть использованы формулы:

$$\left. \begin{aligned} \alpha'' &= \frac{a}{c} \gamma''; & \beta'' &= \frac{b}{c} \gamma''; \\ \alpha' &= \frac{a'}{c'} \gamma'; & \beta' &= \frac{b'}{c'} \gamma'. \end{aligned} \right\}$$

$$c_B^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma;$$

$$c_B = (b - a) - \frac{ab(1 - \cos \gamma)}{b - a}.$$

Для контроля измерения сторон в соединительных треугольниках вычисляют длины сторон  $c_B$ , соединяющих отвесы, по формулам:

$$c_B^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma;$$

$$c_B = (b - a) - \frac{ab(1 - \cos \gamma)}{b - a}.$$

Вычисленные значения  $c_B$  сопоставляют с непосредственно измеренными длинами стороны  $c$  на поверхности и стороны  $c'$  в шахте. Разность между вычисленной и измеренной длинами сторон не должна быть более  $\pm 3$  мм в верхнем треугольнике и  $\pm 5$  мм в нижнем.

Формулу как приближенную рекомендуется применять для вычисления длин сторон в соединительных треугольниках:

с углом  $\gamma < 5^\circ$  и отношением длин сторон  $\frac{a}{c} < 2$ .

Как показывают исследования точность решения задачи примыкания зависит от формы соединительных треугольников. Чем более вытянутой формы треугольники, тем точнее решается задача примыкания. В тех

случаях, когда при примыкании создают треугольники невыгодной формы, то вычисление углов при отвесах следует производить по формуле сторон

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a \sin \gamma}{b - a \cos \gamma}; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{b \sin \gamma}{a - b \cos \gamma}.$$

Примыкание с невыгодной формой треугольников может быть использовано при ориентировании выработок мелких шахт или других второстепенных выработок.

После вычисления углов при отвесах определяют угловую невязку в каждом треугольнике и распределяют ее поровну на вычисленные углы. Далее определяют дирекционные углы сторон и координаты точки  $C$ .

Дирекционный угол  $(C'D')$  примычной стороны  $C'D'$  вычисляют по формуле

$$(C'D') = (DC) + DCA - (\alpha + \alpha') - D'C'A' \pm 3 \cdot 180^\circ,$$

или

$$(C'D') = (DC) + DCB + (\beta + \beta') - D'C'B' \pm 3 \cdot 180^\circ.$$

Координаты точки  $C$  вычисляют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} y_{C'} &= y_C + b \sin(CA) + b' \sin(A'C'); \\ x_{C'} &= x_C + b \cos(CA) + b' \cos(A'C'), \end{aligned} \right\}$$

или

$$\left. \begin{aligned} y_{C'} &= y_C + a \sin(CB) + a' \sin(B'C'); \\ x_{C'} &= x_C + a \cos(CB) + a' \cos(B'C'), \end{aligned} \right\}$$

где

$$\left. \begin{aligned} (CA) &= (DC) + DCA \pm 180^\circ; \\ (A'C') &= (CA) - (\alpha + \alpha') \pm 180^\circ; \\ (CB) &= (DC) + DCB \pm 180^\circ; \\ (B'C') &= (CB) + (\beta + \beta') \pm 180^\circ. \end{aligned} \right\}$$

При решении задачи примыкания соединительным треугольником наиболее выгодной формой треугольника является вытянутая. Приближая точку  $C$  к створу отвесов  $AB$ , мы можем получить весьма вытянутую форму треугольника, где острые углы будут близки нулю. Если точку  $C$  все более приближать к створу отвесов, то в итоге будем иметь вместо треугольника прямую с расположенными на ней точками  $C$ ,  $A$  и  $B$ . Примыкание с установкой теодолита (точки  $C$ ) в створе отвесов называется примыканием по способу створа.

При способе створа измеряют примычной угол при точке  $C$  и расстояния от точки  $C$  до отвесов  $A$  и  $B$  и расстояние между отвесами. Аналогичные измерения производят в шахте, устанавливая теодолит в точке  $C'$ , располагаемой в створе отвесов.

Для установки теодолита в створе отвесов используют специальную подставку, позволяющую микрометрично передвигать теодолит в направлении, перпендикулярном створу.