

Лекция №11. Вертикальные соединительные съемки. Передача высотной отметки через вертикальный шахтный ствол при помощи шахтной ленты и металлической рулетки, стальной проволоки, глубиномера (длиномера) ДА-2.

Этим видом маркшейдерских работ обеспечивается производство вертикальных съемок на поверхности и в подземных, горных выработках от единого, в частности, принятого в России (Казахстане) исходного уровня - нуля Кронштадтского футштока (Балтийская система высот). Такая увязка съемок совершенно необходима. В противном случае исключается возможность решения многих горнотехнических задач, в том числе связанных с обеспечением безопасности горных работ:

- определение глубины разработок в различных точках шахтного поля;
- составление сводных геологических разрезов по данным геологической документации на поверхности и в горных выработках;
- определение взаимного по высоте положения горных выработок соседних шахт;
- охрана сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок и т. д.

Вертикальная соединительная съемка состоит в передаче высотной отметки с того или иного исходного репера на поверхности, на исходные реперы подземной съемки.

Высотные отметки исходных реперов, расположенных в пределах горного отвода на земной поверхности, определяются геометрическим нивелированием IV класса от ближайших реперов или марок Государственной нивелирной сети. В случаях, когда подземные выработки соединяются с земной поверхностью штольней или наклонным шахтным стволом, вертикальная соединительная съемка производится через эти выработки геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

Согласно «Технической инструкции по производству маркшейдерских работ» передача высотных отметок по выработкам с углами наклона менее $5 - 8^\circ$ производится геометрическим, а при углах наклона более $5 - 8^\circ$ тригонометрическим нивелированием. Геометрическое нивелирование выполняется путем прокладки ходов 1-го разряда (с допустимой невязкой $15\sqrt{L}$ мм, где L — длина или периметр хода в сотнях метров). Невязка ходов тригонометрического нивелирования должна быть не более $1/3000 L$ (длина сторон хода измеряется по нормам теодолитных ходов 1-го разряда, а углы наклона — теодолитом с точностью вертикального круга не ниже $30''$). В целях контроля геометрическое и тригонометрическое нивелирование осуществляется замкнутыми или двойными ходами.

Передача отметки через вертикальные выработки, как с земной поверхности, так и с одного эксплуатационного горизонта на другой, может быть произведена одним из следующих способов: при помощи длинной шахтной ленты, стальной проволоки, металлической рулетки, глубиномера.

Передачу отметки необходимо производить (для контроля) двумя различными способами или дважды одним способом (при различной установке измерителей или различном порядке измерений). Из полученных результатов берется среднее. При этом расхождение Δz между двумя значениями высотной отметки исходного репера подземной съемки (после введения поправок) не должно превышать (в метрах)

$$\Delta z = 0,04 + 0,0002H,$$

где H — глубина вертикальной выработки, м.

Прежде чем приступить к передаче отметки от ближайшего исходного репера шахты, передают отметку на подходной репер R_P , заложенный около устья шахтного ствола. В околосвольном дворе закладывают реперы R_W , которые впоследствии служат исходными при создании высотного обоснования в горных выработках. Конструкция реперов может быть различной (рис. 79).

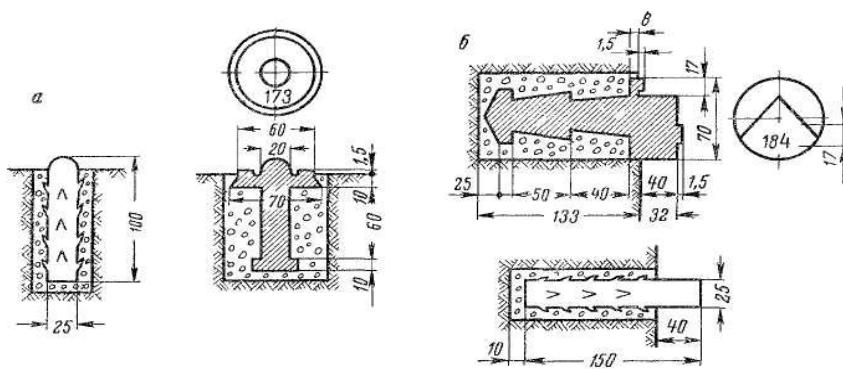


Рис. 79. Типы реперов и марок закладываемых:
а - в фундаменты, б - в бока выработки

Таких реперов должно быть не менее двух, расположенных один от другого на расстоянии 20 - 50 м. Закладка реперов производится в почве, кровле, стенках выработки или в фундаментах стационарных установок. Отметки допускается передавать также на пункты горизонтальной соединительной съемкой, заложенные в околосвольных выработках.

Передача высотной отметки через вертикальный шахтный ствол при помощи шахтной ленты и металлической рулетки. Шахтные ленты, изготовленные из высококачественной стали, имеют длину до 1000 м. Лента наматывается на барабан ручной лебедки.

При передаче отметки с репера R_P на земной поверхности на репер R_W в околосвольном дворе поступают следующим образом (рис. 80).

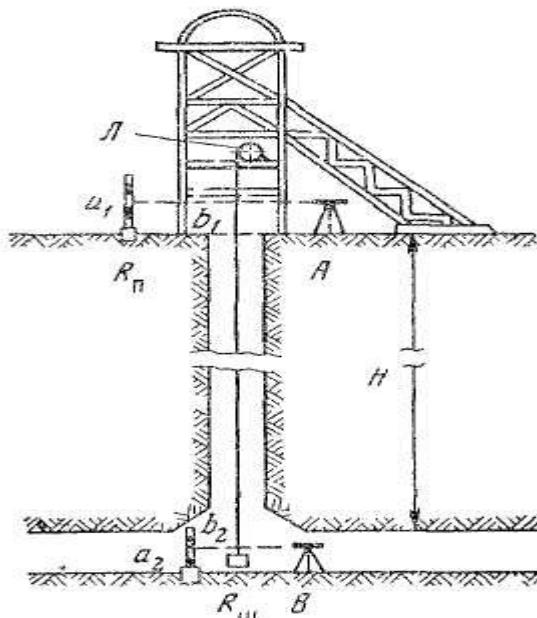


Рис. 80. Передача высотной отметки длинной шахтной лентой

На верхней приемной площадке надшахтного здания оборудуют временный полок, на котором прочно закрепляют лебедку $Л$ с лентой. Ленту с небольшим (до 5 кг) грузом на конце, опускают в шахтный ствол до горизонта околоствольного двора. Легкий груз, прикрепленный к ленте, заменяют рабочим P грузом, близким к натяжению ленты при компарировании (по паспорту). В точках A (на поверхности) и B (в околоствольном дворе) устанавливают нивелиры технической точности, с помощью которых берут соответствующие горизонтам инструментов отсчеты b_1 , b_2 по ленте и a_1 , a_2 по рейкам, установленным на реперах R_p и R_w . Отсчеты по рейкам берут обычным способом, а по ленте с помощью миллиметровых линеек, приложенных нулем к ближайшим делениям ленты.

Используя эти отсчеты, получают

$$b_1 = O_1 \pm m; \quad b_2 = O_2 \pm n,$$

где b_1 , b_2 - отсчеты по ленте, соответствующие уровням визирных линий нивелиров, установленных в точках A и B , м;

O_1 , O_2 - отсчеты по ленте, соответствующие ближайшим к визирным линиям делениям ленты на поверхности и в околоствольном дворе, м;

m , n - соответственно отсчеты по миллиметровым линейкам на поверхности и в околоствольном дворе, мм.

Знак плюс берется, если нуль линейки приложен к ближайшему от визирной линии младшему делению ленты, знак минус - к ближайшему старшему делению. Отсчеты b_1 и b_2 по ленте можно определить также с помощью закрепленного на ней фиксатора - тонкого шнуря. Шнур по команде лица, наблюдающего через трубу нивелира, перемещают вверх или вниз до совмещения ее изображения с изображением горизонтальной нити нивелира. После этого линейкой с миллиметровыми делениями измеряют расстояние от закрепленного на ленте шнуря до ближайшего деления ленты и определяют отсчет по ленте, соответствующий горизонту

визирной линии нивелира. Отсчеты по рейкам и ленте берутся при двух положениях трубы (в случае применения нивелиров с перекладной трубой) или при двух горизонтах инструментов (при применении глухих нивелиров) с последующим вычислением среднего арифметического.

В околосвольном дворе при взятии отсчетов через зрительную трубу нивелира сетка нитей, рейка и шахтная лента (в местах взятия отсчетов) освещаются рудничной лампой.

Чтобы исключить влияние возможного смещения ленты, визирование на нее на поверхности и в околосвольном дворе следует производить в один и тот же момент времени (по сигналу или сверенным часам).

Искомая высотная отметка репера $R_{ш}$

$$z_{R_{ш}} = z_{R_{п}} + a_1 - h - a_2,$$

где $z_{R_{п}}$ - отметка репера $R_{п}$, м;

a_1, a_2 - отсчеты по рейкам, установленным соответственно на реперах $R_{п}$ и $R_{ш}$, м;

h — расстояние по вертикали между горизонтами (визирными линиями) нивелиров, установленных в точках A и B , м.

В свою очередь величина h (учитывая, что нулевое деление шахтной ленты находится внизу) может быть найдена из соотношения

$$h = b_1 - b_2 + \Delta h_p + \Delta h'_p + \Delta h_t + \Delta h_k,$$

где b_1, b_2 - отсчеты по ленте;

Δh_p - поправка за растяжение шахтной ленты от подвешенного груза, м;

$\Delta h'_p$ - поправка за растяжение ленты от собственного веса, м;

$\Delta h'_t$ - поправка за разность температуры при компарировании шахтной ленты и при передаче отметки, м;

Δh_k — поправка за компарирование шахтной ленты, м.

Передача высотной отметки при помощи металлической рулетки применяется в случаях, когда глубина вертикальной выработки не превышает длины рулетки (20, 30, 50 м). Это может иметь место при передаче высотных отметок через гезенки, вспомогательные вентиляционные шурфы, разведочные вертикальные выработки и т. д. Этот способ аналогичен рассмотренному выше способу вертикальной соединительной съемки при помощи длинной шахтной ленты (см. рис. 80).

Искомая отметка $z_{R_{ш}}$ исходного репера $R_{ш}$ подземной съемки определяется по формуле

$$z_{R_{ш}} = z_{R_{п}} + a_1 - h - a_2,$$

При этом при вычислении поправка Δh_p за растяжение рулетки от подвешенного груза не вводится (к рулетке подвешивается груз, равный натяжению при компарировании). Поправка $\Delta h'_p$ за растяжение рулетки от собственного веса также не вводится ввиду ее незначительной величины. Поправка Δh_t за температуру вычисляется по формуле

$$\Delta h_t = H\alpha (t - t_0),$$

При этом t принимается равным температуре воздуха в середине выработки. Величина поправки Δh_K за компарирование принимается по паспорту рулетки.

В связи с тем что рулетки имеют сантиметровые деления, отсчеты b_1 и b_2 , входящие в формулу, берутся через трубу нивелира непосредственно по рулетке, без применения миллиметровых линеек.

С целью контроля передача отметки производится дважды (второй раз при закреплении верхнего конца рулетки в другой точке).

Передача высотной отметки через вертикальный шахтный ствол при помощи стальной проволоки. При этом способе необходимо иметь стальную проволоку диаметром 1 - 1,5 мм, намотанную на барабан ручной лебедки. Лебедка L (рис. 82) закрепляется вблизи устья шахтного ствола, а свободный конец проволоки, пропущенный через направляющие блоки D_1 , D_3 , D_4 с небольшим грузом, опускается в ствол до горизонта околосвольного двора.

После спуска проволоки легкий груз заменяют рабочим грузом около 10 кг.

Блоки D_2 , D_3 устанавливаются на концах временного компаратора K , представляющего собой настил из одной-двух (по ширине) досок, прочно закрепленных в горизонтальном положении на козлах. На настиле вдоль проволоки натягивается металлическая компарированная 20-метровая рулетка TT' , которая впоследствии используется для измерения проволоки. Левый конец рулетки закрепляется неподвижно, а правому (с нулевым делением) придают натяжение (с помощью динамометра или с помощью проволоки, блока D_2 и груза Q), равное натяжение при компарировании рулетки.

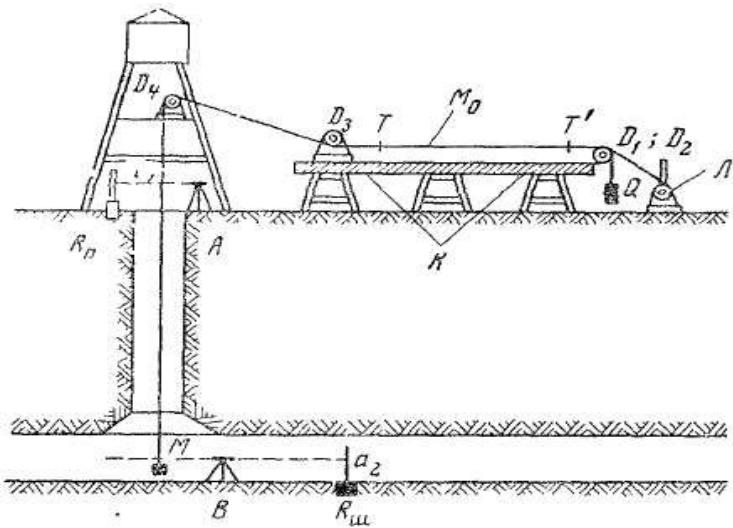


Рис. 82. Передача высотной отметки при помощи стальной проволоки

В точках A на поверхности и B в околосвольном дворе устанавливают нивелиры. На проволоке около конца T рулетки компаратора закрепляют

начальный фиксатор M_0 (обжатую свинцовую или медную пластинку со штрихом, специальную клемму с зажимным винтом (рис. 83).

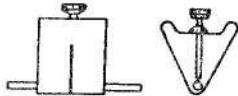


Рис. 83. Фиксатор, надеваемый на проволоку

Трубу нивелира в точке B наводят на проволоку и на последней, на уровне визирного луча закрепляют фиксатор M таким образом, чтобы его штрих совпал с изображением горизонтальной нити трубы нивелира. Одновременно (по сигналу) берут отсчет h_0 по рулетке компаратора, соответствующий штриху фиксатора M_0 . Через трубу нивелира в точке B берут отсчет a_2 по рейке, установленной на репере $R_{ш}$, и измеряют температуру воздуха в околоствольном дворе.

Затем, вращая барабан лебедки, проволоку с подвешенным к ней грузом начинают постепенно извлекать из шахтного ствола. В момент, когда штрих фиксатора M_0 приблизится к начальному T' делению рулетки компаратора, вращение барабана лебедки прекращают и на проволоке около левого конца T рулетки закрепляют первый промежуточный фиксатор. Берут отсчеты h'_0 и h_1 по рулетке, соответствующие штрихам фиксаторов M_0 и первого. После этого фиксатор M_0 снимают с проволоки и продолжают вращение барабана лебедки до тех пор, пока первый промежуточный фиксатор не подойдет к правому концу рулетки. Остановив лебедку, около левого конца T рулетки на проволоке закрепляют второй промежуточный фиксатор. Берут отсчеты h'_1 , h_2 по рулетке, соответствующие штрихам первого и второго промежуточных фиксаторов. Затем первый промежуточный фиксатор снимают и продолжают вращение барабана лебедки. Устанавливают третий промежуточный фиксатор и т. д. Эти операции продолжают до тех пор, пока фиксатор M не покажется в поле зрения трубы нивелира, установленного в точке A на поверхности. В этот момент, остановив лебедку, берут отсчет h_n по рулетке, соответствующий штриху последнего закрепленного на проволоке n -го фиксатора. На уровне горизонтальной нити трубы нивелира по команде наблюдающего через трубу на проволоке закрепляют метку (например, в виде узелка нитки или тонкого шпагата). Измеряют миллиметровой линейкой расстояние l от метки до штриха фиксатора M . Берут отсчет a_1 через трубу нивелира в точке A по рейке, установленной на репере $R_{п}$. Измеряют температуру воздуха около устья ствола, в средней части ствола и около компаратора.

Нетрудно видеть, что путь, пройденный фиксатором M при подъеме проволоки, будет равен пути, пройденному начальным фиксатором M_0 , закрепленным у левого конца рулетки компаратора в начале измерений.

Этот путь

$$h' = (h_0 - h'_0) + (h_1 - h'_1) + \dots + (h_n - h'_n),$$

где h_0, h_1, \dots, h_n - отсчеты по рулетке компаратора, соответствующие штрихам фиксаторов у левого конца рулетки (рис. 82);

h'_0, h'_1, \dots, h'_n - то же, у правого конца рулетки.

Отсюда расстояние h по вертикали между горизонтами нивелиров, установленных в точках A и B , будет равно

$$h = h' \pm l,$$

где l — измеренное на поверхности расстояние (в метрах) между штрихом фиксатора M и меткой, соответствующей горизонту нивелира в точке A (знак плюс принимается при расположении штриха фиксатора выше метки, знак минус — ниже метки). Следовательно, формула для определения высотной отметки репера будет иметь вид

$$Z_{R_{ш}} = Z_{R_{п}} + a_1 - h - a_2 + \Delta h_t + \Delta h_k,$$

где $Z_{R_{ш}}$ — отметка подходного репера $R_{ш}$, м;

a_1, a_2 — отсчеты по рейкам, установленным на реперах $R_{п}$ и $R_{ш}$;

h — расстояние (в метрах) по вертикали между визирными линиями нивелиров, установленных в точках A и B ;

Δh_t — поправка за температуру, м;

Δh_k — поправка за компарирование рулетки, м.

Для вывода формулы поправки за температуру обозначим: t_0 — температура компарирования рулетки (по паспорту), t — средняя температура воздуха в шахтном стволе, t_1 — температура воздуха на поверхности (около компаратора). Поправка к измеренной длине h' за счет различия температуры рулетки на временном компараторе и при компарировании ее в связи с составлением паспорта будет равна $h'a(t_1 - t_0)$ и за счет различия температуры воздуха в шахтном стволе и около временного компаратора $h'a(t - t_1)$. Отсюда $\Delta h'_t = h'a(t_1 - t_0) + h'a(t - t_1)$. После преобразования и подстановки вместо h' глубины H шахтного ствола получим формулу, которой и следует пользоваться при подсчете поправки Δh_t . Поправка ΔH_k за компарирование определяется, исходя из поправки рулетки (по паспорту) и соотношения h' и длины рулетки.

Поправка за растяжение проволоки под действием подвешенного груза не вводится, так как измерение проволоки на временном компараторе K производится при том же грузе, при котором закрепляются на проволоке фиксаторы M и M_0 .

Для контроля передачу отметки следует повторить при спуске проволоки в шахтный ствол (в этом случае фиксатор M закрепляется на уровне визирной линии нивелира, установленного в точке A , а фиксатор M_0 около нулевого деления рулетки (точки T').

Передача высотной отметки через вертикальный шахтный ствол при помощи глубиномера (длиномера) ДА-2. Применяемый при этом способе глубиномер основан на известном принципе, положенном в основу морских глубиномеров. Глубиномер для маркшейдерских целей впервые был разработан проф. Ф. Ф. Павловым. Однако он не нашел

практического применения, и в настоящее время Харьковским заводом маркшейдерских инструментов выпускается длиномер автоматический ДА-2 (рис. 84), предложенный ВНИМИ (Б. И. Тимофеев).

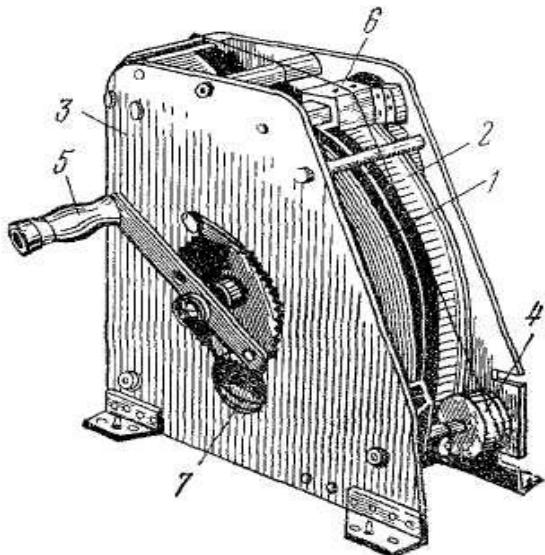


Рис. 84. Длиномер ДА-2

Прибор может быть использован также для измерения линий значительной длины в наклонных выработках.

В отличие от передачи высотной отметки с помощью стальной проволоки, при применении ДА-2 длина опускаемой в шахтный ствол проволоки определяется не на временном компараторе, а по оборотам мерного диска прибора.

Длиномер состоит из станины 3, барабана 1, лебедки с намотанной на нем стальной проволокой и рукояткой 5, мерного диска 2 с кольцевой шкалой, направляющих роликов 4, счетчика оборотов 6 мерного диска. Для определения температуры мерного диска имеется термометр 7. В комплект прибора, кроме того, входят груз-рейка (рис. 85,а) и контрольная рейка (рис. 85,б). Первая из них представляет собой стальной, залитый свинцом, цилиндр. Контрольная рейка также цилиндрической формы изготавливается из алюминия. На поверхности реек нанесены оцифрованные в шахматном порядке сантиметровые деления.

Барабан лебедки и мерный диск насыжены на одной оси, но вращаются независимо. При спуске проволоки в шахтный ствол к концу проволоки с помощью крючка подвешивается груз-рейка, а на 1-2 м выше ее посредством зажимных винтов закрепляется контрольная рейка. Вращая рукоятку 5 лебедки (см. рис. 84), проволоку сматывают с барабана лебедки. Посредством роликов 4 проволока направляется на желоб мерного диска и вращает последний. Число полных оборотов диска фиксируется счетчиком оборотов, связанным с диском шестеренками.

Неполные обороты оцениваются по кольцевой шкале мерного диска. Так как длина окружности диска равна 1 м и разбита на 100 равных частей, номинальная цена деления кольцевой шкалы составляет 1 см.

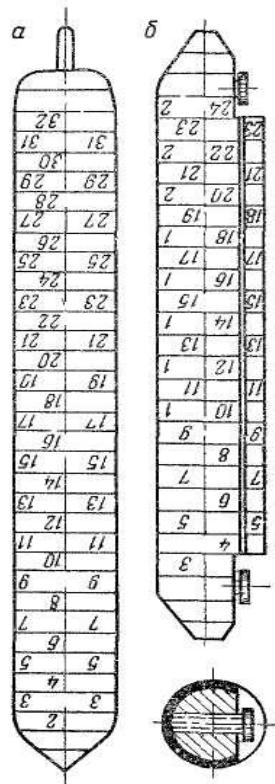


Рис. 85. Рейки длиномера ДА-2

При передаче высотной отметки длиномер устанавливается на верхней приемной площадке, в клети или на полке (рис. 86). Вращая барабан лебедки длиномера, проволоку с прикрепленными на конце ее груз-рейкой и контрольной рейкой опускают вниз до горизонта нивелира, установленного в точке *A* на земной поверхности. После этого вращение барабана лебедки прекращают и через трубу нивелира берут отсчеты *b*₁ по шкале груз-рейки, *a*₂ по рейке, установленной на подходном репере *R_п*, а также отсчет *N_п* по счетчику и кольцевой шкале прибора ДА-2. Спустив проволоку так, чтобы контрольная рейка заняла место груз-рейки, повторяют эти отсчеты. Затем конец проволоки с подвешенными груз-рейкой *Г* и контрольной репкой *К* опускают до горизонта нивелира в околоствольном дворе, где через трубу нивелира, установленного в точке *B*, берут отсчеты: *b*₂ по груз-рейке, *a*₂ по рейке, установленной на исходном для подземной съемке репере *R_ш*, а также отсчет *N_ш* по счетчику и кольцевой шкале прибора. Аналогичные отсчеты производят после спуска до горизонта нивелира контрольной рейки.

Искомая высотная отметка репера *R_ш* вычисляется по формуле

$$z_{R_{ш}} = z_{R_{п}} - \Delta z,$$

где Δz - превышение подходного репера *R_п* на поверхности относительно репера *R_ш*.

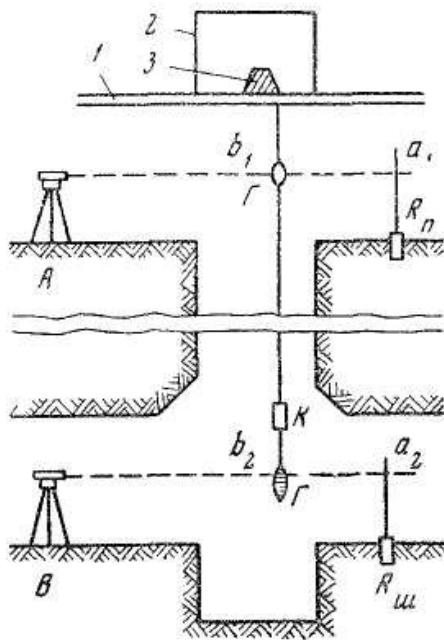


Рис. 86. Передача высотной отметки при помощи длинометра ДА-2

В свою очередь

$$\Delta z = a_2 + (N_{ш} + n_{ш}) - (N_{п} + n_{п}) - a_1.$$

Или окончательно с учетом поправок

$$\Delta z = a_2 + (N_{ш} + n_{ш}) - (N_{п} + n_{п}) - a_1 + \Delta z_d + \Delta z_k + \Delta z_t + \Delta z'_t,$$

где a_1 , a_2 - отчеты по рейкам, установленным на реперах $R_{п}$ и $R_{ш}$, м;

$N_{п}$, $N_{ш}$ - отсчеты по счетчику и кольцевой шкале длинометра при нахождении груз-рейки на поверхности и в околоствольном дворе, м;

$n_{п}$, $n_{ш}$ - отсчеты по груз-рейке при нахождении ее на поверхности и в околоствольном дворе, м;

Δz_d - поправка за диаметр проволоки, м;

Δz_k - поправка за компарирование мерного диска, м;

Δz_t - поправка за разность температуры мерного диска при компарировании и при проведении работ, м;

$\Delta z'_t$ - поправка за разность температуры проволоки в шахтном стволе и на поверхности, м.