

## Глава 5. ЭЛЕМЕНТЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Вынос в натуру осей сооружений производят от ближайших пунктов геодезической основы способом прямоугольных или полярных координат, угловых или линейных засечек. Все эти способы предусматривают построение на местности проектных (разбивочных) углов, расстояний, отметок [34].

### 5.1. Построение на местности проектного горизонтального угла

На местности обычно строят «левые по ходу» проектные горизонтальные углы. Если рассматривать ход 2–1–Р, то это будет угол  $\beta$  (рис. 5.1). При построении угла имеется лишь одно направление 1–2 между исходными геодезическими пунктами, а второе направление 1–Р необходимо построить.

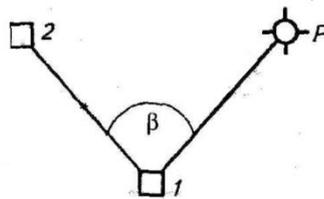


Рис. 5.1. Горизонтальный угол 2–1–Р [14]

Проектный горизонтальный угол  $\beta$  на местности можно построить теодолитом двумя способами: *полным приемом* и *способом редуцирования*.

#### 5.1.1. Способ полного приёма

Способ применяют, если необходимо построить угол с точностью, равной точности теодолита.

Вынос на местность проектного горизонтального угла  $\beta$  с вершиной в точке 1 (рис. 5.2) выполняют при двух положениях вертикального круга теодолита: при «круге лево» (КЛ) и «круге право» (КП). Рассмотрим классическое построение угла [35].

Теодолит устанавливают в рабочее положение в вершине проектного угла, наводят на опорную точку 2 и берут на неё отсчёт 2(КЛ) по шкале горизонтального круга. К полученному отсчёту прибавляют (если угол откладывается по часовой стрелке) или отнимают от него (если угол откладывается против часовой стрелки) значение проектного угла  $\beta_{пр}$

$$A(КЛ) = 2(КЛ) \pm \beta_{пр} \pm 360^\circ \quad (5.1)$$

и устанавливают полученный отсчёт на шкале горизонтального круга сначала грубо, затем – точно наводящим винтом при закреплённой колонке. Положение направления на искомую точку А при «круге лево» по команде наблюдателя фиксируют шпилькой на местности. Меняют положение круга,

берут отсчёт 2(КП) на опорную точку 2, вычисляют отсчёт на точку А при круге право

$$A(\text{КП}) = 2(\text{КП}) \pm \beta_{\text{пр}} \pm 360^\circ \quad (5.2)$$

и устанавливают полученный отсчёт на шкале горизонтального круга, как и в предыдущем случае. Положение направления на точку А при «круге право» фиксируют второй шпилькой на местности рядом с первой шпилькой. В случае расхождения в положении зафиксированных направлений за окончательное принимают среднее направление. Затем построенный угол измеряют теодолитом двумя-тремя полными приёмами. Если расхождения в значениях измеренного и проектного углов соответствует заданной точности построения, то задача считается выполненной. В противном случае необходимо заново построить угол.

В формулах (5.1) и (5.2)  $\pm 360^\circ$  используют при отрицательных отсчётах и отсчётах, больших  $360^\circ$ .

При незначительных требованиях к точности построения горизонтального угла, достаточно выполнить работы только при одном круге.

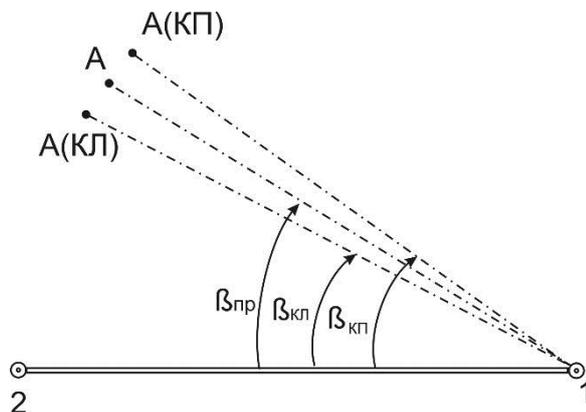


Рис. 5.2. Разбивка угла 2–1–А с точностью, равной точности теодолита

При построении на местности проектного горизонтального угла с помощью электронного тахеометра после ориентирования его визирной оси по направлению исходной стороны 1–2 (рис. 5.2) в электронную память тахеометра вводят значение  $\alpha_{1-2}$  ее дирекционного угла и затем вращают алидаду тахеометра до тех пор, пока на его табло не высветится значение дирекционного угла  $\alpha_{1-P}$  [14].

### 5.1.2. Способ редуцирования

Способ редуцирования при построении проектного горизонтального угла используют тогда, когда угол нужно построить прибором, номинальная точность которого не позволяет применить первый способ. Например, требуется перенести на местность проектный горизонтальный угол  $\beta = 96^\circ 20' 10''$  со средней квадратической погрешностью  $m_\beta = 20''$  теодолитом 2Т30. Средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального угла

одним полным приемом теодолитом 2Т30 (номинальная) –  $m_{\beta_0} = 30''$ . На местности построение угла осуществляют в таком порядке (рис. 5.3) [14].

Строят горизонтальный угол, равный  $96^\circ 20'$ , при одном положении вертикального круга, например КЛ. Построенный угол измеряют теодолитом, количество полных приёмов можно рассчитать по формуле:

$$n = \left( \frac{m_{\beta_0}}{m_{\beta}} \right)^2. \quad (5.3)$$

Для нашего случая, согласно этой формуле, можно принять  $n = 2$ . В результате измерения значение горизонтального угла  $\beta_{\text{изм}}$  обычно отличается от его проектного значения  $\beta_{\text{пр}}$ .

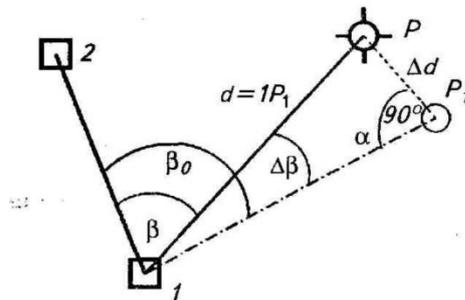


Рис. 5.3. Разбивка угла с повышенной точностью:  $\beta_0$  – измеренный угол,  $\beta$  – проектный угол [14]

Предположим, что горизонтальный угол, измеренный двумя приемами, равен  $\beta_{\text{изм}} = 96^\circ 20' 30''$ . Отсюда абсолютное расхождение между проектным углом и его измеренным значением будет равно  $|\Delta\beta| = |\beta_{\text{изм}} - \beta_{\text{пр}}| = 20''$ . Отложить найденное значение разности углов теодолитом 2Т30 невозможно. Поэтому на местности по направлению 1– $P_1$  откладывают отрезок  $d$ , а из точки  $P_1$  по перпендикуляру к этой стороне – отрезок  $\Delta d$ , вычисленный по формуле

$$\Delta d = \frac{d \cdot \Delta\beta''}{206265}. \quad (6.4)$$

Полученную точку  $P$  закрепляют и делают контрольное измерение проектного горизонтального угла 2–1– $P$  [14]. Если получаемое значение отличается от проектного на допускаемую величину, то работу заканчивают. В другом случае требуется уточнение.

**Пример 5.1.** Постройте проектный угол  $\beta_{\text{пр}} = 73^\circ 36,0'$  теодолитом Т30 с заданной точностью  $45''$ . Расстояние до проектной точки  $d=70$  м. [35].

*Решение.* Строим угол двумя приёмами. Получаем точки  $P_1$  и  $P_2$ .

Отсчёт на точку 2 при КЛ:  $2(\text{КЛ}) = 117^\circ 42,5'$ .

Отсчёт на точку А при КЛ:  $A(\text{КЛ}) = 117^\circ 42,5' + 73^\circ 36,0' = 191^\circ 18,5'$ .

Отсчёт на точку 2 при КП:  $2(\text{КП}) = 297^\circ 43,0'$ .

Отсчёт на точку А при КП:  $A(\text{КП}) = 297^\circ 43,0' + 73^\circ 36,0' = 11^\circ 19,0'$ .

Измеренное значение построенного проектного угла  $\beta_{\text{изм}} = 73^\circ 36,3'$ .

Разность  $\Delta\beta = 73^\circ 36,3' - 73^\circ 36,0' = 0,3'$ , что обеспечивает необходимую

точность построения угла.

## 5.2. Построение на местности проектного расстояния с помощью рулетки

Построение на местности линий заданной длины является наиболее распространенной задачей при разбивочных работах. Для её решения необходимо от исходной точки построить в заданном направлении отрезок, горизонтальное проложение которого равно проектному значению (в проекте

Вопрос: как поступить, если уклон на протяжении проектного отрезка непостоянен?

задаётся  
горизонт  
зонт

альное проложение). Поскольку на местности откладывают наклонное расстояние, его необходимо рассчитать. Для этого в проектное расстояние в момент построения вводят поправки (за компарирование, температуру и наклон местности).

Если при построениях используют компарированную стальную рулетку, то формула для вычисления наклонного расстояния  $D$ , имеет следующий вид [14]

$$D = d_{\text{пр}} + \Delta d_v + \Delta d_t + \Delta d_k = D_0 + \Delta d_t + \Delta d_k, \quad (5.5)$$

где  $d_{\text{пр}}$  – горизонтальное проложение, т.е. проектное расстояние;  $\Delta d_v$  – поправка за наклон местности;  $\Delta d_t$  – поправка за температуру;  $\Delta d_k$  – поправка за компарирование мерного прибора.

*Поправку за наклон  $\Delta d_v$*  при однообразном скате вычисляют по формулам:

когда известен угол наклона  $\nu$  проектной линии, то

$$\Delta d_v = \frac{\left[ 2d_{\text{пр}} \sin^2 \left( \frac{\nu}{2} \right) \right]}{\cos \nu}; \quad (5.6)$$

если известно превышение  $h$  между концами линии, то

$$\Delta d_v \approx \frac{h^2}{2d_{\text{пр}}}. \quad (5.7)$$

Формулы предполагают, что уклон на всем протяжении проектного расстояния постоянен. Если данное условие не выполняется, то проектную линию строят на местности по частям, при этом ее делят на отдельные отрезки равного уклона и в каждый отрезок вводят соответствующие поправки за наклон.

Вопрос: почему поправка за наклон при построении линии на местности всегда положительна?

*Поправку за температуру  $\Delta d_t$*  вычисляют по формуле:

$$\Delta d_t = \alpha D_0 (t_0 - t), \quad (5.8)$$

где  $\alpha$  – коэффициент расширения металла, из которого изготовлен мерный инструмент (для стали  $12 \cdot 10^{-6}$ );  $D_0$  – приближённая длина линии ( $d_{\text{пр}} + \Delta d_v$ );  $t_0$  и  $t$  – соответственно температура прибора в моменты компарирования и измерения расстояния.

Поправка за температуру имеет знак плюс, если рабочая температура ниже температуры компарирования, и знак минус – если рабочая температура выше температуры компарирования.

Поправку за компарирование<sup>1</sup>  $\Delta d_k$  вычисляют по формулам:

$$\Delta d_k = \frac{\Delta l}{l} d_{\text{пр}} \text{ или } \Delta d_k = n(l_0 - l), \quad (5.9)$$

где  $l$  – фактическая (рабочая) длина мерного прибора;  $l_0$  – эталонная длина мерного прибора (номинальная);  $\Delta l = l - l_0$  – разница между фактической и эталонной длиной;  $n$  – число отложений мерного прибора.

Поправку  $\Delta d_k$  вводят со знаком плюс, если фактическая длина мерного прибора меньше номинальной, и со знаком минус в обратном случае.

Пусть, например, при выносе в натуру проектной линии использовался прибор [8], длина которого при температуре измерения была меньше его номинальной длины. В этом случае отложенная линия будет короче проектной, и, следовательно, поправку надо вводить со знаком «плюс». Если этот прибор использовать для измерения линии, то поправку надо вводить со знаком «минус», так как при измерении укороченным мерным прибором, результат получится бóльшим, чем следует.

*При компарировании мерным прибором задают одинаковое натяжение и линейкой измеряют разность между фактической длиной мерного прибора  $l$  и длиной образцового прибора  $l_0$ , т. е. поправка за компарирование прибора равна  $\Delta l_k = l - l_0$ .*

*Фактическая длина рулетки будет  $l = l_0 + \Delta l_k$ .*

При работах, выполняемых с относительной погрешностью линейных измерений (построений), не превышающих 1:2000, поправки за наклон учитывают, если угол наклона линии больше  $1,5^\circ$ ; поправки за компарирование мерного прибора учитывают, если поправка за компарирование ( $l_0 - l$ ) более 2 мм на 20 м (точность 1:20000); поправки за температуру учитывают, если абсолютная разность температур превышает  $8^\circ\text{C}$  [14].

Задача на построение отрезка с помощью ленты или рулетки на местности решается двумя способами – непосредственным отложением заданной длины и редуцированием. Способ редуцирования заключается в следующем (рис. 5.4).

---

<sup>1</sup> *Компарирование* – сравнение длины мерного прибора с эталоном на компараторе.

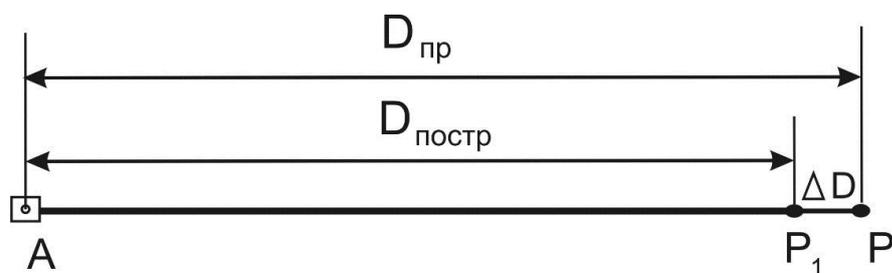


Рис. 5.4. Построение на местности проектного расстояния

От исходной точки А в заданном направлении провешивают линию и в полученном створе откладывают приближенное значение проектного расстояния. Затем расстояние  $AP_1$  с необходимой точностью измеряют светодальномером или другим мерным прибором, учитывая все поправки. Вычислив длину закреплённого отрезка, сравнивают его с проектным значением, находят линейную поправку  $\Delta D$  как разность между проектной и вычисленной длиной линии и откладывают от точки  $P_1$  со своим знаком по направлению линии, после чего закрепляют положение проектной точки Р. Затем делают контрольное измерение линии АР [14].

Точность построения проектного расстояния в способе редукии в основном зависит от точности измерения расстояния  $AP_1$ . Исходя из требуемой точности определения проектного расстояния, выбирают приборы для измерений. Для разбивки линий с точностью 1:2000-1:3000 применяют стальные мерные ленты, 1:3000–1:10000 – шкаловые ленты и рулетки, 1:10000–1:50000 – инварные ленты и проволоки или светодальномеры [18].

При использовании для построения проектного расстояния электронного тахеометра, конструктивными частями которого являются электромагнитный дальномер (светодальномер) и вычислительный блок, методика построения линии несколько отличается от той, которая была изложена ранее. Во-первых, тем, что перечисленные ранее поправки, входящие в формулу, не имеют смысла или автоматически учитываются в процессе полевых работ. Во-вторых, при наличии радиосвязи между наблюдателем, находящимся у тахеометра, установленного на одном из концов проектной линии, и его помощником с отражателем построение проектного расстояния возможно в так называемом следящем режиме. При работе в этом режиме помощник наблюдателя по его командам постепенно перемещается по створу линии по направлению к проектной точке Р. В то же самое время тахеометром непрерывно измеряют горизонтальное проложение до отражателя. Работу выполняют до тех пор, пока на табло тахеометра не высветится заданное значение проектного горизонтального проложения  $d_{пр}$ . В этом месте закрепляют знак, фиксирующий положение точки Р на местности [14].

**Пример 5.2** [14]. Рассчитайте наклонное расстояние  $D$ , которое нужно отложить на местности, если  $d_{пр} = 300,15$  м. Превышение между концами линии, определенное по горизонталям плана,  $h = + 10,0$  м, средняя температура рулетки в момент измерения  $t = +31$  °С, а температура  $t_0 = + 21,5$ °С;  $l = 19,997$ .

*Решение.* Рассчитываем поправки:

$$\Delta d_v = \frac{h^2}{2d_{\text{пр}}} = \frac{100}{2 \cdot 300,15} = 0,167 \text{ м.}$$

$$\Delta d_k = n(l_0 - l) = 15(20,000 - 19,997) = +0,045 \text{ м.}$$

$$\Delta d_k = \frac{\Delta l}{l} d_{\text{пр}} = \frac{0,003}{19,997} \cdot 300,15 = +0,045 \text{ м.}$$

$$\Delta d_t = \alpha \cdot D_0(t_0 - t) = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 300 \cdot (-10^\circ) = -0,036 \text{ м.}$$

Следовательно:

$$D = d_{\text{пр}} + \Delta d_v - \Delta d_t + \Delta d_k = 300,15 + 0,167 - 0,036 + 0,045 = 300,326 \text{ м}$$

**Пример 5.3**  
[19]. Рассчитайте наклонное расстояние  $D$ , которое нужно отложить на местности, если  $d_{\text{пр}} = 69,738$  м. Относительная погрешность построения расстояния не более 1:10000. Превышение концов проектной линии  $h = 0,805$  м. Для построения на местности используется стальная рулетка Р100 (номинальная длина 100 м), при компарировании которой при температуре  $t_0 = +18^\circ\text{C}$  получена фактическая её длина 100,0035 м. Рабочая температура рулетки в момент построения линии составила  $t = +22,5^\circ\text{C}$ .

*Решение.*  $D = d_{\text{пр}} + \Delta d_v + \Delta d_t + \Delta d_k$ .

Рассчитываем сначала поправки:

$$\Delta d_v = \frac{h^2}{2d_{\text{пр}}} = \frac{0,805^2}{2} \cdot 69,738 = +4,65 \text{ мм.}$$

Другой способ:  $\nu = \tan^{-1} \frac{h}{d} = \tan^{-1} \frac{0,805}{69,738} = 0^\circ 39' 41''$ .

$$\Delta d_v = \frac{2d_{\text{пр}} \cdot \sin^2\left(\frac{\nu}{2}\right)}{\cos \nu} = +4,65 \text{ мм.}$$

$$\Delta d_k = \frac{\Delta l}{l} d_{\text{пр}} = \frac{0,0035}{100} \cdot 69,738 = 0,002441 \text{ м} = -2,44 \text{ мм.}$$

Фактическая длина больше номинальной, следовательно, поправка с минусом.

$$\Delta d_t = \alpha D_0(t_0 - t) = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 69,738 \cdot (18^\circ - 22,5^\circ) = -0,00335 \text{ м} = -3,35 \text{ мм.}$$

Подставляем поправки в формулу:

$$D = d_{\text{пр}} + \Delta d_v - \Delta d_t - \Delta d_k = 69738 \text{ мм} + 4,65 \text{ мм} - 3,35 \text{ мм} - 2,44 \text{ мм} = 69737 \text{ мм} = 69,737 \text{ м}$$

Контрольное измерение:  $D = 69,742$  м.

Разность с проектной длиной:  $\Delta d = 69,742 - 69,737 = +5$  мм.

Требуемая (допустимая) точность построения:  $m_d = d_{\text{пр}} \cdot \delta = 69738 \cdot \frac{1}{10000} = 7$  мм (относительная погрешность) больше, чем погрешность построения.

### 5.3. Вынос на местность проектной отметки

Все отметки, указанные в проекте сооружения, делаются от уровня «чистого пола» или от какого-либо другого условного уровня. Поэтому предварительно их необходимо перевычислить в систему, в которой даны высоты исходных реперов [8].

Задача по перенесению на местность проектной отметки является наиболее распространённой при высотных разбивках. Сущность работы по перенесению на местность проектной отметки заключается в установке в натуре геодезического знака (кола, отрезка металлической трубы и пр.) так, чтобы его верхний срез имел проектную отметку  $H_{\text{пр}}$ .



которую называют условной рабочей отметкой. Найденные условные рабочие отметки со своим знаком (плюс для насыпи и минус для выемки) записывают на коле или на специальных фанерных табличках краской, слабо подверженной атмосферным влияниям (рис. 5.6).

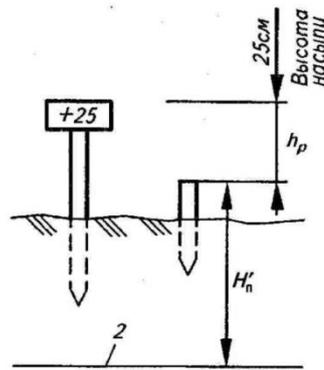


Рис. 5.6. Закрепление проектной отметки: 2 – уровенная поверхность. [14]

### 5.3.2. С помощью теодолита

При использовании для построения проектной отметки метода тригонометрического нивелирования [19] в точке с известной высотой устанавливают теодолит (рис. 5.7), измеряют его высоту  $i$ , горизонтальное проложение  $d$  и рассчитывают угол наклона  $v$ , соответствующий проектной высоте  $H_{пр}$ :

$$v_{пр} = \tan^{-1} \left( \frac{h_{пр} - i}{d} \right). \quad (5.11)$$

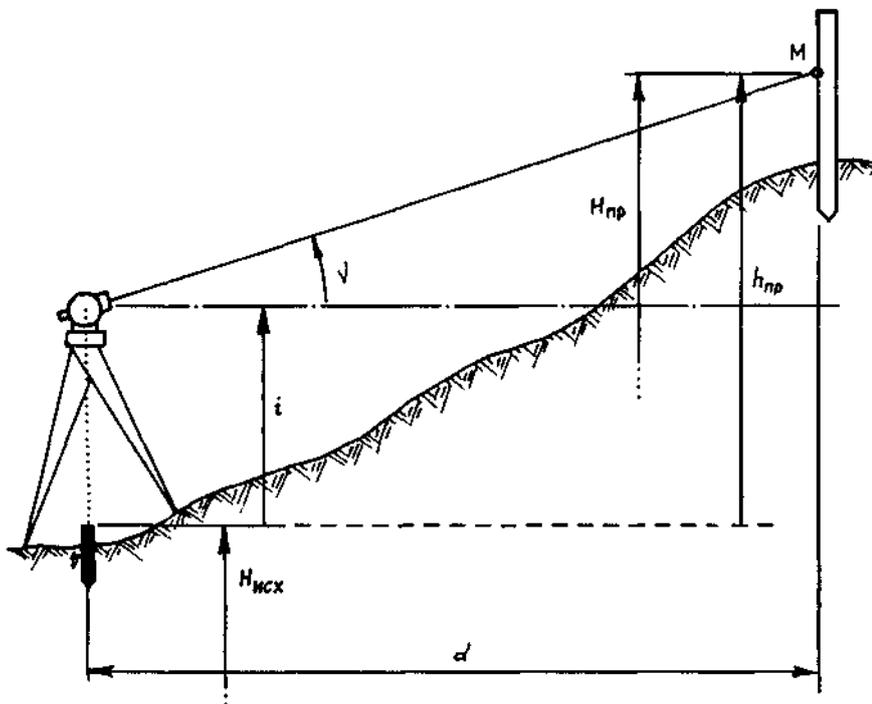


Рис. 5.7. Построение проектной отметки способом тригонометрического нивелирования [19]

Далее определяют отсчёты по вертикальному кругу теодолита при

«круге право» и «круге лево», соответствующие значению проектного угла наклона:

$$\begin{aligned} \text{BK(КЛ)} &= v_{\text{пр}} + M0; \\ \text{BK(КП)} &= M0 - v_{\text{пр}}, \end{aligned} \quad (5.12)$$

где  $M0$  – место нуля, предварительно определённое на станции по двум-тремя точкам.

Строят углы при КЛ и КП, ставят метку М. Метка М будет соответствовать проектной высоте в заданной точке.

Для контроля построения проектной отметки следует изменить горизонт прибора, измерить несколькими приёмами угол наклона на метку М и вычислить значение проектной высоты по формуле:

$$H_{\text{пр(изм)}} = H_{\text{исх}} + i + d \cdot \tan v. \quad (5.13)$$

Если при построении не будет обеспечена заданная точность, то метку М перемещают на величину расхождения в соответствующем направлении и выполняют контрольную проверку высоты.

#### 5.4. Построение линии с заданным проектным уклоном (по двум точкам)

Построение линии с проектным уклоном осуществляют при строительстве дорог, улиц, взлётно-посадочных полос аэродромов, подземных коммуникаций и т.д. [33]. Для построения линий проектных уклонов используют нивелиры, теодолиты, а также лазерные приборы. При небольших проектных уклонах удобно использовать нивелиры, при значительных уклонах превышение определяют методом тригонометрического нивелирования.

##### 5.4.1. С помощью горизонтального луча нивелира

Пусть из точки А в направлении АВ требуется разбить линию длиной  $d$  с заданным уклоном  $i_{\text{пр}}$  (рис. 5.8). Для этого выполняют следующий комплекс работ [18].

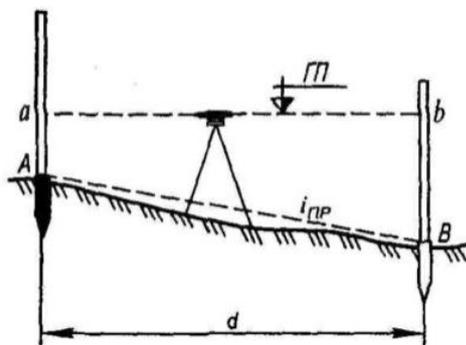


Рис. 6.8. Построение линии с заданным проектным уклоном с помощью горизонтального луча нивелира [18]

1. Находят плановое положение точки В: откладывают на местности проектное расстояние  $d$ , отмечают колышком точку В.
2. Вычисляют проектную отметку точки В по формуле:

$$H_B = H_A + h_{np},$$

где превышение между точками А и В равно  $h_{np} = i_{np} \cdot d$ .

Уклон линии  $i=h/d$ . Отсюда  $h=i \times d$ .

3. Между точками А и В устанавливают нивелир и, взяв отсчет по рейке на точке А  $a_q$ , находят горизонт прибора:

$$\text{ГП} = H_A + a_q.$$

4. Затем вычисляют отсчет по рейке, который должен соответствовать проектному положению торца колышка в точке В:

$$b = \text{ГП} - H_B = H_A + a_q - H_B. \quad (5.14)$$

5. Выносят отметку точки В. Линия, соединяющая торцы колышков в точках А и В, и будет линией с заданным уклоном.

Таким образом, построение линии с заданным проектным уклоном сводится к вычислению отсчёта по передней рейке и выставлению торца колышка на эту отметку.

#### 5.4.2. Построение линии с проектным уклоном по двум точкам с помощью теодолита

При разбивке на местности линий со значительными уклонами  $i$  или углами наклона  $\nu$  используют теодолит (рис. 5.9). Для этого соблюдают следующую последовательность действий [18].

1. Рассчитывают вертикальный угол, соответствующий проектному уклону.
2. В точке А устанавливают теодолит, измеряют его высоту  $i_T$  и отмечают ее на рейке.
3. От точки А откладывают наклонное расстояние  $D = d/\cos \nu_{np}$  и отмечают полученную точку В колышком.

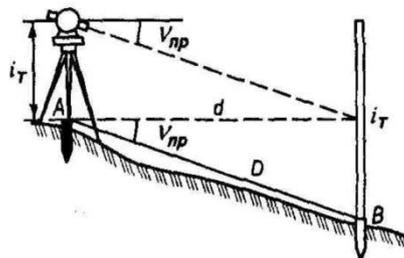


Рис. 5.9. Построение линии с заданным проектным уклоном с помощью теодолита [18]

$$\text{Уклон линии } i = \frac{h}{d} \cdot \tan v = i = \frac{h}{d} \cdot \tan^{-1} \frac{h}{d} = v.$$

Место нуля  $M0$  – отсчёт по вертикальному кругу при центральном положении пузырька цилиндрического уровня при трубе. Формулы для расчёта угла вертикального круга, измеренные разными теодолитами, – разные. Для 2Т30  $M0 = \frac{KЛ+KП}{2}$ .  $ВК(КЛ) = v_{пр} + M0$ .  $ВК(КП) = M0 - v_{пр}$ .

4. Через  $M0$  вертикального круга вычисляют отсчет при КЛ (или КП), соответствующий проектному углу наклона  $v_{пр}$ , и устанавливают этот отсчет на вертикальном круге теодолита.
5. Затем на колышек в точке  $B$  ставят рейку и колышек забивают до тех пор, пока отсчет по рейке не станет равным высоте теодолита  $i_T$ .

Таким образом, построение линии с заданным проектным уклоном сводится к вычислению проектного угла и его выставлению на рейку.

#### Пример 5.4 [19].

Постройте проектный угол с помощью теодолита.

Исходные данные.

Величина проектного уклона  $i_{пр} = -0,145$ . Точность построения уклона  $\mp 0,005$ . Место нуля  $M0 = -0^{\circ}02,4'$ . Горизонтальное проложение линии 1-2  $d_{12} = 65,356$  м. Проектная высота в точке 1  $H_{1(пр)} = 156,857$ .

*Решение.* Определяем проектную высоту в точке 2:

$$H_{2(пр)} = H_{1(пр)} + d_{12} \cdot i_{пр} = 156,857 + 65,356(-0,145) = 147,380 \text{ м.}$$

По формулам 10.15 и  $v_{пр} = \tan^{-1} i_{пр}$  находим значения проектного угла и отсчётов по вертикальному кругу при «круге лево» и «круге право»:

$$v_{пр} = -8^{\circ}15,0'; \text{ ВК(КЛ)} = -8^{\circ}15,0' + (-0^{\circ}02,4') = -8^{\circ}17,4';$$

$$\text{ВК(КП)} = -0^{\circ}02,4' - (-8^{\circ}15) = +8^{\circ}12,6'.$$

Отсчёт по рейке в точке 2 при наблюдениях после установки отсчётов по вертикальному кругу при положениях КЛ и КП  $a_2 = 1476$  мм.

При контрольном нивелировании максимальное расхождение в проектных высотах по линии 1-2 на расстоянии 15 м составило 15 мм. Таким образом, погрешность в построении проектного уклона составила 15 мм/15000 мм=0,001, что удовлетворяет поставленной задаче.

### 5.5. Перенесение на местность длинных линий проектного уклона

При больших длинах линий с заданным проектным уклоном сначала на проектные отметки устанавливают начальную и конечную точки линии. Проектные отметки точек  $A$  и  $B$  переносят горизонтальным визирным лучом нивелира от ближайших реперов. Перенести на местность проектные отметки всех промежуточных точек можно различными способами.

Удобнее и быстрее эту работу сделать наклонным лучом нивелира.

Первый способ. Устанавливают нивелир примерно посередине линии  $AB$  так, чтобы два его подъемных винта были направлены вдоль этой линии (рис. 5.10). Действуя этими винтами, добиваются такого положения, чтобы отсчеты  $v$  по рейкам, установленным в точках  $A$  и  $B$ , были равны между собой. В этом случае визирная ось нивелира будет параллельна проектной линии [14].

Полученный отсчет  $v$  записывают в журнал и, последовательно перемещая рейку по точкам 1, 2, 3 и 4, забивают колья на такую высоту, при которой отсчет по рейке будет равен  $v$ .

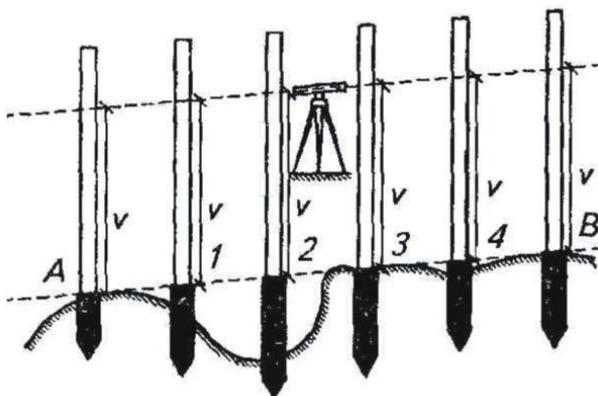


Рис. 5.10. Перенесение на местность линии проектного уклона [14]

Второй способ. В точке  $A$  (рис. 5.11) устанавливают нивелир или теодолит<sup>2</sup> так, чтобы два подъемных винта подставки были направлены вдоль линии  $AB$ , и тщательно измеряют высоту прибора от верхнего среза геодезического знака до визирной оси нивелира (практически до середины окуляра) или до горизонтальной оси теодолита. Действуя подъемными винтами нивелира или вращая зрительную трубу теодолита, устанавливают отсчет по рейке в точке  $B$ , равный высоте прибора, в результате чего визирная ось будет параллельна проектной линии. Тогда на всех промежуточных точках забивают колья так, чтобы отсчет по рейке был равен высоте прибора [14].

С меньшей точностью при высотных разбивках для земляных работ детальное построение наклонной линии выполняют с помощью визирок, представляющих собой деревянные бруски с поперечной планкой; высота визирок должна быть одинаковой. Две постоянные визирки устанавливают в точках  $A$  и  $B$  (рис. 5.12); наблюдатель визирует глазом по верхним обреза планок этих визирок и получает визирный луч  $ab$  заданного уклона. Его помощник последовательно устанавливает третью, ходовую визирку на промежуточных точках и забивает в этих точках колья так, чтобы верхний обрез ходовой визирки совпадал с линией визирования [18].

<sup>2</sup> При больших уклонах вместо нивелира в точке  $A$  устанавливают теодолит, трубу которого придают требуемый наклон.

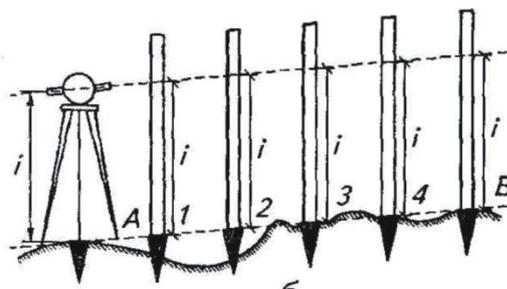


Рис. 5.11. Перенесение на местность линии проектного уклона [14]

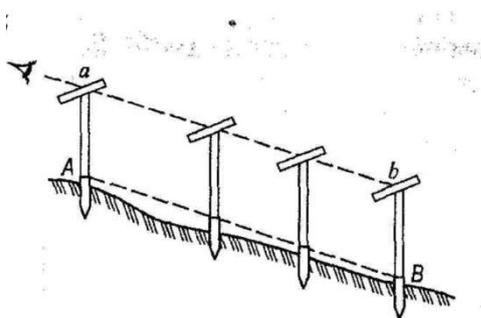


Рис. 5.12. Схема построения линии проектного уклона с помощью визирок [18]

При больших объемах работ по вертикальной планировке в настоящее время применяют прибор управления лучом (ПУЛ), в котором управление землеройным механизмом осуществляется с помощью лазерной системы [18].

### 5.6. Построение проектной плоскости

При выносе в натуру проектной плоскости точки А, В, С, D устанавливают на проектные отметки. Положение подъемных винтов нивелира в исходной точке А показано на рис. 5.13. Действуя подъемными винтами 1 и 2. Добиваются, чтобы отсчет по рейке в точке В был равен высоте стояния нивелира в исходной точке. Эти действия повторяют до тех пор, пока отсчеты по рейке в точках В, С и D не будут равны высоте стояния прибора. Таким образом добиваются, чтобы плоскость, описываемая визирным лучом, была параллельна проектной плоскости [28].

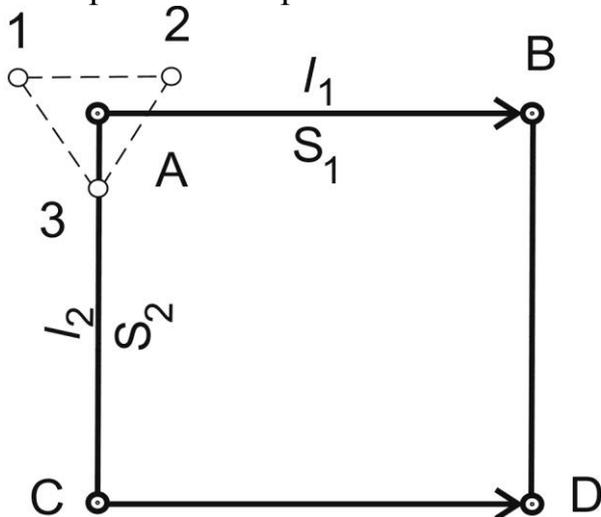


Рис. 5.13. Схема выноса в натуру плоскости заданного уклона [28]

### 5.7. Передача отметки на дно глубокого котлована (траншеи)

При проведении геодезических разбивочных работ в процессе возведения зданий и сооружений часто возникает задача передачи проектной отметки на рабочие горизонты: дно котлована или траншеи, высокие части здания и т. п.

Для перенесения проектной отметки на дно глубокого котлована (рис. 5.14) необходимо вблизи верхней бровки котлована соорудить укосину, на которой подвешивают рулетку (или мерную ленту) нулем вниз [18]. На репер А ставят рейку, между репером и рулеткой устанавливают в рабочее положение нивелир. Последовательно визируя на рейку и рулетку, берут отсчеты  $a$  и  $b$ .

Далее переносят нивелир на дно котлована, а рейку – на колышек В, забитый на дне котлована. Берут отсчеты по рулетке и рейке ( $c$  и  $d$ ).

$$H_A + a = H_B + d + (b + c).$$

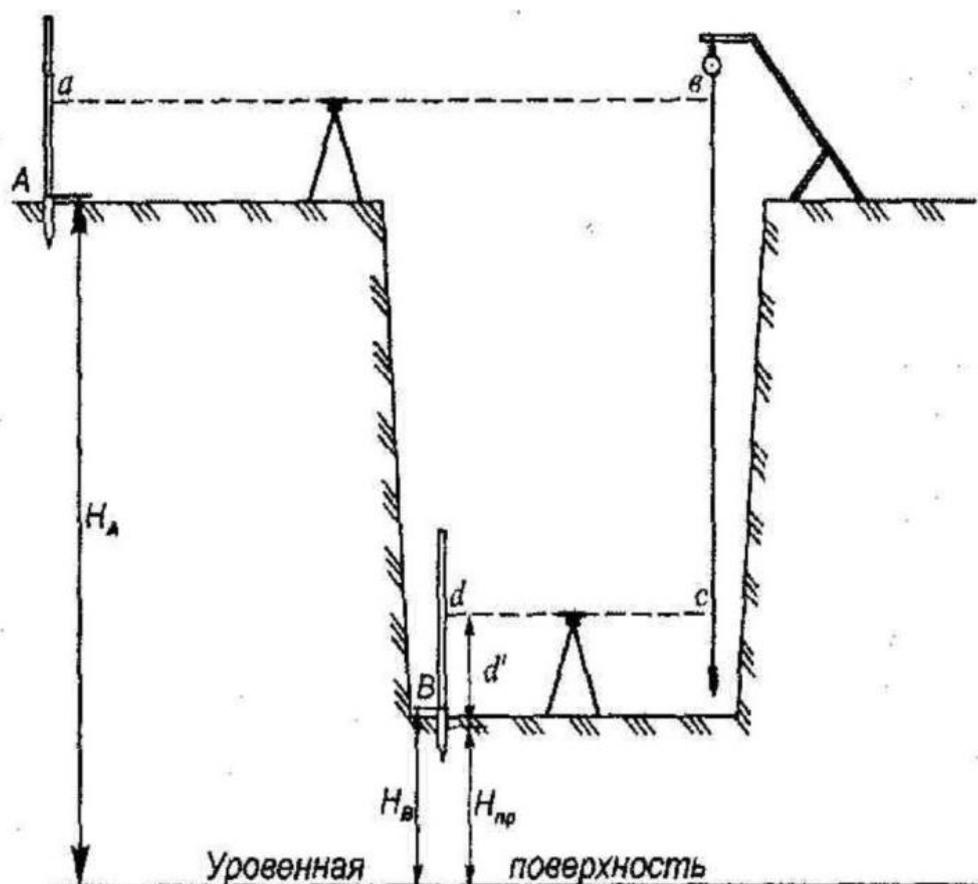
Отсюда отметка дна котлована (верхнего торца колышка В) определится по формуле

$$H_B = H_A + a - (b + c) - d.$$

Для того чтобы отметка дна котлована была равна проектной  $H_{пр}$ , необходимый отсчет по рейке должен быть

$$d' = H_A + a - (b + c) - H_{пр}. \quad (5.15).$$

Колышек на дне котлована забивают до тех пор, пока отсчет по рейке не станет равным величине  $d'$ , вычисленной по формуле.



*Рис. 5.14. Передача отметки на дно котлована или траншеи [18]*

### **5.8. Передача отметки на монтажный горизонт**

Передача отметки от опорного репера на рабочий репер монтажного горизонта выполняется с помощью двух нивелиров и стальной рулетки с миллиметровыми делениями, подвешенной на кронштейне (рис. 5.15) [18]. На нулевом конце рулетки закрепляют груз 10 кг, который опускают в сосуд с вязкой жидкостью (например, смесью отработанного машинного масла с опилками).

На исходном репере  $A$  и рабочем репере  $B$  устанавливают рейки и по команде одновременно с помощью нивелиров берут отсчеты: по рейкам –  $a$  и  $d$ ; по нижней и верхней частям рулетки –  $b$  и  $c$ . Расстояние по вертикали между горизонтами нивелиров будет  $(c - b)$ . Отметка точки  $B$  определится по формуле

$$H_B = H_A + a + (c - b) - d . \quad (5.16)$$

Для контроля измерения повторяют, изменив высоту приборов. На монтажном горизонте рекомендуется устанавливать не менее двух рабочих реперов.

Для ускорения передачи отметок на верхние монтажные горизонты на соответствующей стене закрепляют небольшую шкалу, по которой легко найти и зафиксировать проектную отметку монтажного горизонта.

Если передача отметки не требует высокой точности либо не может быть выполнена с помощью нивелиров и рулетки, то задача решается с использованием теодолита методом тригонометрического нивелирования.

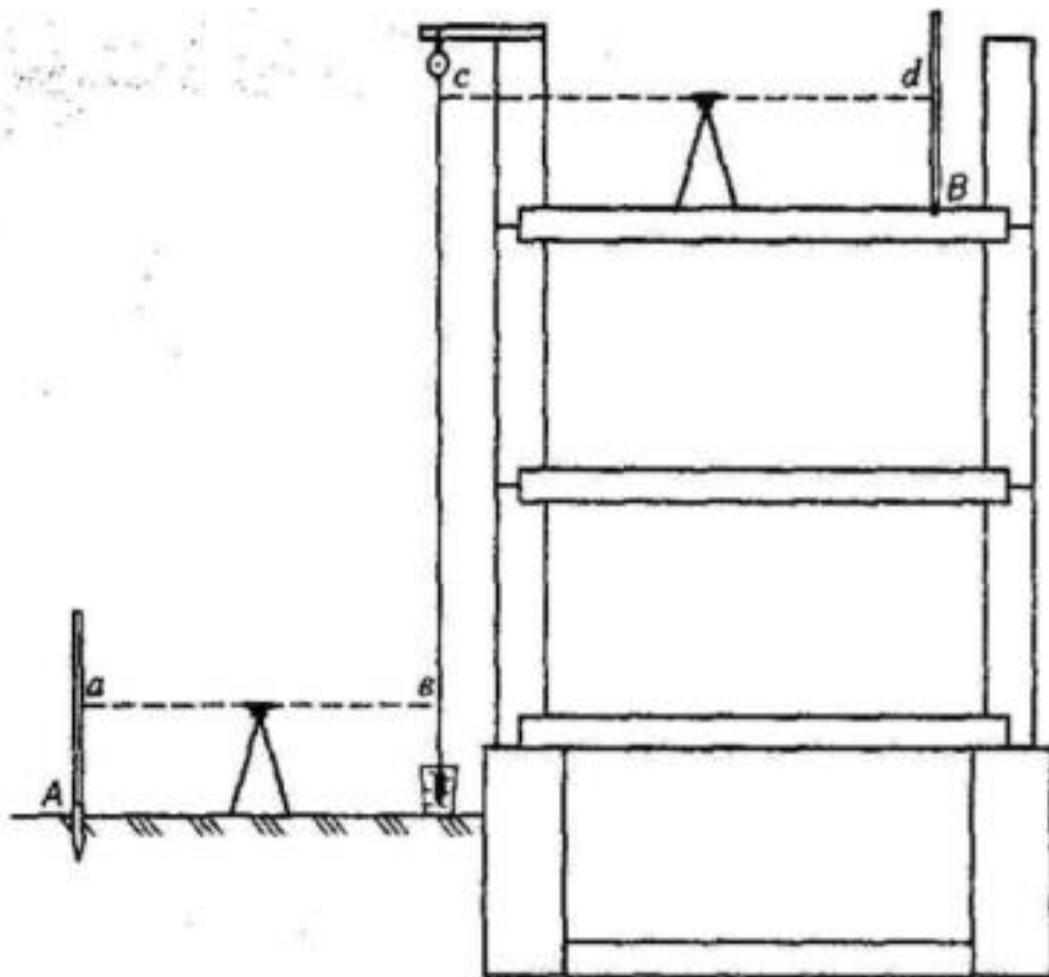


Рис. 5.15. Передача отметки на монтажный горизонт [18]

