

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы выполняются в соответствии с учебным планом по дисциплине «Прикладная геодезия».

Цель лабораторных работ – получение практических навыков по построению на местности основных разбивочных элементов и выполнению аналитического расчета для выноса на местность основных осей зданий с предрасчетом точности.

Основные теоретические положения изложены в Главе V учебника [1], которые студент должен освоить перед выполнением лабораторных работ. Исходные данные для выполнения лабораторных работ приведены в данных методических указаниях.

Лабораторная работа № 3. ПОСТРОЕНИЕ НА МЕСТНОСТИ ОСНОВНЫХ РАЗБИВОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Задание 1. Построение на местности проектного угла и проектной длины линии. Работы ведут в следующем порядке. Установив теодолит в точку В, наводят зрительную трубу на точку А и берут отсчет по лимбу. Далее прибавляют к этому отсчету проектный угол β и, открепив алидаду, устанавливают вычисленный отсчет. Визирная ось зрительной трубы теодолита указывает второе искомое направление. Это направление на соответствующем проекту расстоянии фиксируют на местности в точке C_1 . Аналогичные действия выполняют при другом положении вертикального круга теодолита и отмечают на местности вторую точку C_2 . Из положения двух точек берут среднее (точка С, рис. 1.1), принимая угол АВС за проектный.

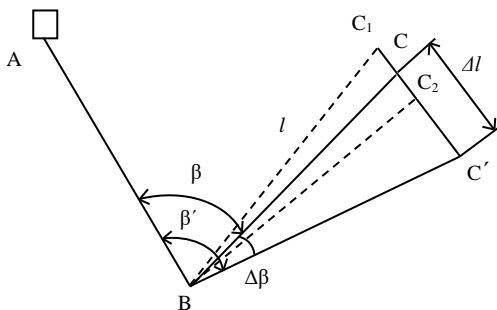


Рис. 1.1. Схема построения на местности проектного угла

Стандартные геодезические приборы, изготовленные серийно, по точности предназначены для выполнения измерений, а не построений. В результате точность отложения разбивочных элементов этими приборами оказывается ниже, чем точность измерений с использованием этих приборов. Поэтому, если необходимо построить проектный угол с повышенной точностью, то поступают следующим образом.

Построенный на местности угол измеряют несколькими приемами и определяют его более точное значение β'' . Число приемов и измерения угла можно определить по приближенной формуле

$$n = \frac{(m'_\beta)^2}{m_\beta^2}, \quad (1.1)$$

где m'_β – номинальная для данного теодолита средняя квадратическая ошибка измеренного угла;

m_β – требуемая средняя квадратическая ошибка отложения угла.

Например, для того, чтобы отложить угол со средней квадратической ошибкой 2" теодолитом 2Т5, надо его измерить шестью приемами.

Измерив построенный на местности угол, вычисляют поправку

$$\Delta\beta = \beta' - \beta, \quad (1.2)$$

которую необходимо ввести для уточнения построенного угла.

Зная проектное расстояние $BC=l$, вычисляют линейную поправку $CC' = \Delta l$. Из геометрии построений (рис. 1.1) следует, что

$$\Delta l = l \frac{\Delta\beta}{\rho}, \quad (1.3)$$

где β и ρ выражены в секундах.

Далее откладывают от точки С перпендикулярно к линии ВС величину вычисленной поправки Δl и фиксируют точку С'. Угол ABC' и будет равен проектному углу с заданной точностью. Для

контроля угол ABC' измеряют. Если полученное значение отличается от проектного на допускаемую величину, то работу заканчивают. В противном случае требуется дальнейшее уточнение.

Точность построения на местности проектного угла зависит от инструментальных ошибок, ошибок собственно измерения (визирования и отсчета по лимбу), а также ошибок из-за влияния внешних условий. Ошибки центрирования, редукции и исходных данных (ошибки в положении пунктов A и B) на точность отложения проектного угла влияния не оказывают, что позволяет учитывать их отдельно. В этом заключается еще одна особенность разбивочных работ. Однако эти ошибки вызывают смещение на местности направления BC и выносимой точки C .

Необходимая точность отложения линейной поправки (редукции) Δl может быть вычислена по формуле

$$m_{\Delta l} = l \frac{m_{\Delta\beta}}{\rho}. \quad (1.4)$$

Если $l=200$ м, $m_{\Delta\beta}=2''$, то получим $m_{\Delta l}=2$ мм. Очевидно, что с такой точностью линейную редуцию можно легко отложить при помощи рулетки или линейки с миллиметровыми делениями.

Для построения проектной длины линии необходимо от исходной точки отложить в заданном направлении расстояние, горизонтальное проложение которого равно проектному значению. Необходимо помнить, что в проекте задается именно горизонтальное проложение. Поправки в линию за компарирование, температуру и наклон местности необходимо вводить непосредственно в процессе ее построения. Но это затрудняет работу, особенно при необходимости вынесения линии с высокой точностью. Поэтому часто поступают таким же образом, как и при построении углов, т. е. используют способ редукции.

Таблица 1.1. Поправки в длину линии

Поправки	При измерении линий	При отложении проектных расстояний
За компарирование	$\pm \Delta l_k$	$\mp \Delta l_k$
За температуру	$\{\alpha \cdot l_i(t-t_0) + \beta \cdot l_i(t^2-t_0^2)\}$	$\{\alpha \cdot l_i(t-t_0) + \beta \cdot l_i(t^2-t_0^2)\}$
За наклон местности	$-\frac{h^2}{2l} - \frac{h^4}{8l^3}$	$+\frac{h^2}{2l} + \frac{h^4}{8l^3}$

На местности от исходной точки A сначала откладывают и закрепляют приближенное значение проектного расстояния (точка B'). Это расстояние с необходимой точностью измеряют компарированными мерными приборами или точными дальномерами, учитывая все поправки.

Вычислив длину закрепленного отрезка, сравнивают его с проектным значением, находят линейную поправку

$$\Delta l = l_{np} - l_{изм}, \quad (1.5)$$

и откладывают ее с соответствующим знаком от конечной точки B' отрезка. Затем, для контроля, построенную линию AB измеряют.

Точность построения проектного расстояния в способе редукции в основном зависит от точности линейных измерений расстояния AB' . Исходя из требуемой точности определения проектного расстояния, выбирают приборы для измерений.

Если проектное расстояние откладывается непосредственно на местности, то поправки за компарирование, температуру и наклон местности вводят со знаками, обратными тем, которые учитывают при измерении линий согласно табл. 1.1.

Поправки линейных измерений при применении мерных приборов. Уравнение мерного прибора можно записать в общем виде

$$l_t = l_H + \Delta l_k + \alpha \cdot l_{t_0} (t - t_0) + \beta \cdot l_{t_0} (t^2 - t_0^2), \quad (1.6)$$

где l_t - длина мерного прибора при температуре измерения t ;

l_H - номинальная длина прибора;

l_{t_0} - длина мерного прибора при температуре t_0 , полученная из компарирования;

Δl_k - поправка за компарирование;

α, β - коэффициенты линейного расширения.

Пусть, например, при выносе на местность проектной линии использовался мерный прибор, 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 ис-

пользовать для измерения линии, то поправку надо вводить со знаком «минус», так как при измерении укороченным мерным прибором результат получится большим, чем следует.

Если же мерный прибор при температуре измерения имеет длину, большую номинальной, то при измерении линии поправка будет иметь знак «плюс», при отложении — «минус».

При измерении линии на наклонной местности поправка за наклон, для приведения ее длины к горизонту, вводится со знаком «минус», так как наклонное расстояние всегда больше горизонтального проложения.

Все размеры в проекте приведены к горизонту. Поэтому при отложении проектного размера на наклонной местности он укорачивается. Значит, поправку необходимо вводить со знаком «плюс».

В зависимости от требуемой точности для отложения проектных расстояний используют стальные и инварные мерные приборы, оптические дальномеры, светодальномеры, электронные тахеометры.

Задание 2. Построение на местности проектной высоты, линии и плоскости с заданным проектным уклоном

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

Для выноса на местность точки с проектной высотой $H_{пр}$ устанавливают нивелир примерно посредине между репером с известной высотой $H_{рп}$ и выносимой точкой (рис. 1.2).

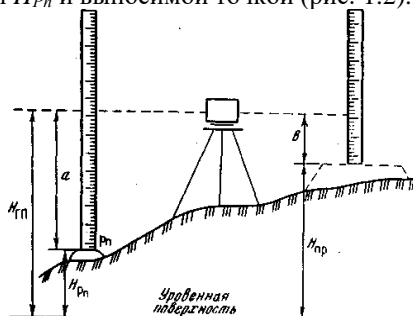


Рис. 1.2. Схема выноса на местность проектной высоты

На исходном репере и выносимой точке устанавливаются рейки, взяв отсчет a по рейке на исходном репере, определяют горизонт прибора

$$H_{ГИ} = H_{РП} + a. \quad (1.7)$$

Для контроля желательно аналогичным образом проверить значение $H_{ГИ}$ по другому исходному реперу.

Чтобы установить точку на проектную высоту $H_{ГИ}$, необходимо знать величину отсчета b по рейке на определяемой точке. Можно записать, что

$$b = H_{ГИ} - H_{РП} = H_{РП} + a - H_{ПР}. \quad (1.8)$$

Вычислив отсчет b , рейку в точке на проектной поверхности поднимают или опускают до тех пор, пока отсчет по среднему штриху зрительной трубы нивелира не будет равен вычисленному. В этот момент пятка рейки будет соответствовать проектной высоте. Ее фиксируют на местности, забивая колышек, ввинчивая болт или проводя черту на строительной конструкции.

Для контроля, нивелируя обычным способом, определяют фактическую высоту вынесенной точки и сравнивают ее с проектной. В случае недопустимых расхождений работу выполняют заново.

Если необходимо передать проектные высоты точек, лежащих в одной вертикальной плоскости (на стенах, колоннах и т. п.), то поступают следующим образом. На вертикальной плоскости отмечают проекцию среднего штриха сетки, т. е. фиксируют горизонт прибора. Затем, отмеряя вверх или вниз от этой линии соответствующее превышение, отмечают проектную высоту точки.

Проектная высота точки может быть установлена на местности путем, аналогичным редуцированию. Для этого выносимую точку приблизительно устанавливают на проектную высоту. Нивелированием определяют превышение h между приблизительно установленной точкой и исходным репером. Полученную величину сравнивают с проектной $h_{пр}$, вычисленной как

$$h_{пр} = H_{пр} - H_{Рн}.$$

С учетом знака разности $h_{np} - h$ изменяют высоту точки, добиваясь, чтобы $h_{np} = h$. Этот способ более трудоемкий и применяется, когда производят бетонирование до проектной высоты или поднимают конструкцию путем последовательного подбора подкладок.

На точность вынесения на местность проектных высот в основном влияют: погрешность в определении высоты исходного репера, погрешность отсчета a по рейке на исходном репере, погрешность установки рейки на проектный отсчет и погрешность фиксирования проектной высоты на местности. При тщательной работе можно считать, что ошибки отсчитывания по рейкам приблизительно равны, следовательно, средняя квадратическая ошибка вынесения проектной высоты на местность будет равна

$$m_{np}^2 = m_{PI}^2 + 2m_a^2 + m_\phi^2. \quad (1.9)$$

Для построения на местности линий проектных уклонов используют нивелиры, теодолиты, а также лазерные приборы. Сначала конечные точки линии AB (рис. 1.3) устанавливают на проектные отметки. Если дана отметка только одной точки, например A , и проектный уклон i , то отметку другой точки B можно вычислить по формуле

$$H_B = H_A + l_{AB} \cdot i, \quad (1.10)$$

где l_{AB} – расстояние AB ;
 i – уклон.

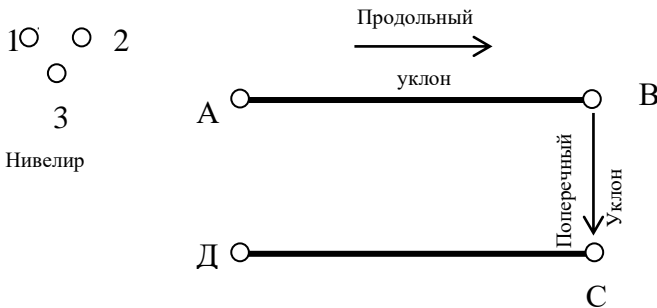


Рис. 1.3. Схема построения в натуре линий проектных уклонов

На точках A и B устанавливают нивелирные рейки. Затем, наклоняя нивелир двумя подъемными винтами (или элевационным винтом), методом приближений добиваются, чтобы отсчеты по рейкам стали одинаковыми. В этом случае визирная линия зрительной трубы нивелира будет иметь проектный уклон.

Далее устанавливают рейку в створе линии AB (например, через 5 м), добиваясь, чтобы отсчет по ней был равен отсчету на конечные точки. Пятка рейки будет определять точку линии проектного уклона. Эти точки фиксируют кольшечками соответствующей высоты.

При использовании теодолита его устанавливают в начальной точке с проектной отметкой и измеряют высоту прибора (рис. 1.4).

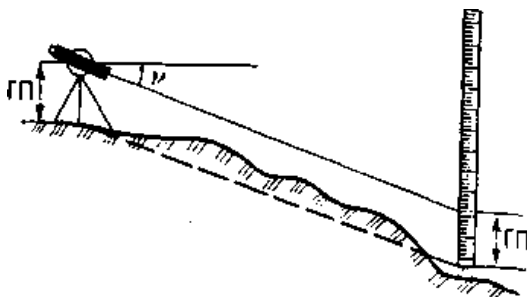


Рис. 1.4. Схема выноса на местность теодолитом линии проектного уклона

На вертикальном круге с учетом места нуля устанавливают отсчет в градусной мере, равный проектному уклону. Линия визирования зрительной трубы теодолита будет фиксировать угол наклона α , соответствующий проектному уклону. Затем, отметив на рейке или вехе высоту прибора, выполняют те же операции, что и при использовании нивелира.

С меньшей точностью линию проектного уклона (например точки A, B, C) можно вынести при помощи трех визирок одинаковой длины (рис. 1.5).

Две визирки задают опорную линию заданного уклона. В эту линию глазомерно вводят третью визирку, основание которой будет фиксировать точку линии проектного уклона.

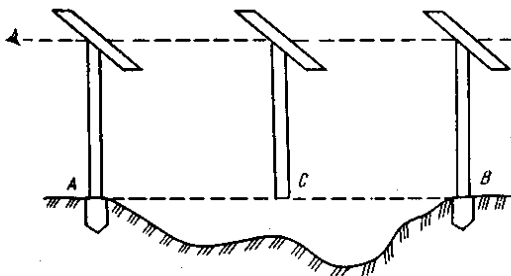


Рис. 1.5. Схема построения линии проектного уклона при помощи визирок

Для вынесения на местность проектной плоскости устанавливаются на проектные высоты точки A, B, C, D (см. рис. 1.3). Действуя подъемными винтами нивелира, добиваются методом приближений, чтобы отсчеты на всех четырех точках были равны между собой, т. е. чтобы линия визирования была параллельной заданной проектной плоскости. При установке на тот же отсчет рейки в любой точке внутри фигуры $ABCD$ пятка ее будет лежать в проектной плоскости.

Данная лабораторная работа выполняется на местности. Исходные данные выдаются преподавателем непосредственно перед выполнением лабораторной работы с учетом условий местности.

Лабораторная работа №2. АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВЫНОСА НА МЕСТНОСТЬ ОСНОВНЫХ ОСЕЙ ЗДАНИЙ С ПРЕДРАСЧЕТОМ ТОЧНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ РАЗБИВКИ

Исходные данные: координаты пунктов геодезической основы и выносимых на местность точек (I, II, III и IV – точки пересечения основных осей здания) находятся в табл. 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1. Каталог координат исходных пунктов

Наименование пункта	Координаты, м	
	X	Y
пп 1	730,00	1500,00
пп 2	672,60	1560,40
пп 3	680,20	1702,10
пп 4	721,30	1769,80
псс 50	780,00	1520,00
псс 51	780,00	1670,00
псс 52	780,00	1770,00

Таблица 2.2. Каталог координат выносимых на местность точек

Номер точки	Вариант А		Вариант В	
	Х, м	У, м	Х, м	У, м
I	765,00	1540,00	770,00	1650,00
II	765,00	1630,00	770,00	1705,00
III	715,00	1630,00	700,00	1705,00
IV	715,00	1540,00	700,00	1650,00

Примечание: по номеру варианта изменяем значения ординат определяемых точек:

- в варианте А $Y_{исх} + (3 N)м$;
- в варианте В $Y_{исх} - (3 N)м$.

Преподавателем указывается точность разбивочных работ: величины ошибок построения проектных углов m_β и расстояний

$$\frac{m_s}{S}$$

Последовательность выполнения работы:

1) Выполняем подготовку основы для разбивочного чертежа. Для этого нанесем по координатам точки на ватман (масштаб 1:1000)

2) Выполняем аналитический расчет выноса на местность для всех четырех углов здания, который состоит в вычислении элементов разбивки для точки из решения обратной геодезической задачи.

Для каждой точки необходимо выбрать способы разбивки и выполнить аналитический расчет элементов разбивки и точность выноса на местность тремя из ниже перечисленных способов:

- полярным способом (l и β) с одного или нескольких исходных пунктов;
- способом прямоугольных координат ($\Delta X; \Delta Y$);
- прямой угловой засечкой ($\beta_1; \beta_2$);
- прямой линейно-угловой засечкой (l_1 и β_2);
- однократной линейной засечкой (l_1 и l_2);
- замкнутого треугольника ($\beta_1; \beta_2; \gamma$);
- створно-линейной засечки (l_1, l_2, l_3 и $m. \delta.$);
- проектного полигона ($\beta_1; \beta_2 \beta_3; l_1, l_2, l_3$ и $m. \delta.$).

Приведем формулы для расчета точности собственно разбивки разными способами:

- полярных координат:

$$m_{cp} = \sqrt{m_s^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2} S^2 ; \quad (2.1)$$

- прямоугольных координат:

$$m_{cp}^2 = m_{\Delta X}^2 + m_{\Delta Y}^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \Delta X^2 ; \quad (2.2)$$

- прямой угловой засечки:

$$m_{cp} = \frac{m_\beta \cdot b}{\rho \cdot \sin^2 \gamma} \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2} = \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin \gamma} \sqrt{S_1^2 + S_2^2} ; \quad (2.3)$$

- прямой линейно-угловой, точность которой подсчитывается по формуле полярного способа;

- линейной засечки

$$m_{cp} = \frac{m_s \sqrt{2}}{\sin \gamma} ; \quad (2.4)$$

- замкнутого треугольника, точность которой подсчитывается по формуле прямой угловой засечки, но будет выше в $\sqrt{2}$ раз;

- створно-линейного способа

$$m = \sqrt{m_s^2 + m_{\text{виз}}^2 + m_{\text{фок}}^2} ; \quad (2.5)$$

- проектного полигона, подсчитывается по формуле полярного способа (величина ошибки разбивочных работ увеличивается в \sqrt{n} , где n – число применения полярного способа при построении проектного полигона).

После завершения расчетов необходимо выполнить сравнительный анализ и выбрать наилучший по точности, либо более простой в использовании способ для разбивки конкретной точки.

3) Составляем разбивочный чертеж здания.

На разбивочный чертеж наносим элементы разбивки только для способа дающего наибольшую точность.

Разбивочный чертеж оформляем согласно следующим требованиям: показываем исходные пункты и выносимые точки закрепления осей здания, указываем координаты; габариты здания; разбивочные элементы (Приложение).

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные разбивочные элементы на местности.
2. Укажите перечень геодезических приборов с использованием которых возможно построение на местности проектного угла, расстояния и уклона.
3. Перечислите основные способы и элементы разбивки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левчук, Г.П. . Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ/ Г.П.Левчук, В.Е.Новак, В.Г.Конусов. – М.: Недра, 1981. – 438 с.
2. .Климов, О.Д. Практикум по прикладной геодезии. Изыскания, проектирование и возведение инженерных сооружений / О.Д.Климов, В.В.Калугин В.К. Писаренко. Учеб. пособие для вузов. – М.:ИД «Альянс», 2008. – 271с.
- 3.Бронштейн, Г.С. Инженерно-геодезические разбивочные сети/ Г.С.Бронштейн, П.С. Эфенден : справочник – М.: Недра, 1993.– 332 с.