

ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ

Теодолитный ход

Цель: закрепить знания по методике создания планового обоснования на строительной площадке, получить навыки в вычислении координат и обращении с вычислительной техникой.

Принадлежности: микрокалькулятор с тригонометрическими функциями, логарифмическая линейка или таблицы приращений координат, чертежная бумага и чертежные принадлежности, бланк ведомости вычислений координат и рабочая тетрадь

Точки теодолитного хода служат плановым обоснованием для топографической съемки и переноса в натуру проектов застройки и планировки.

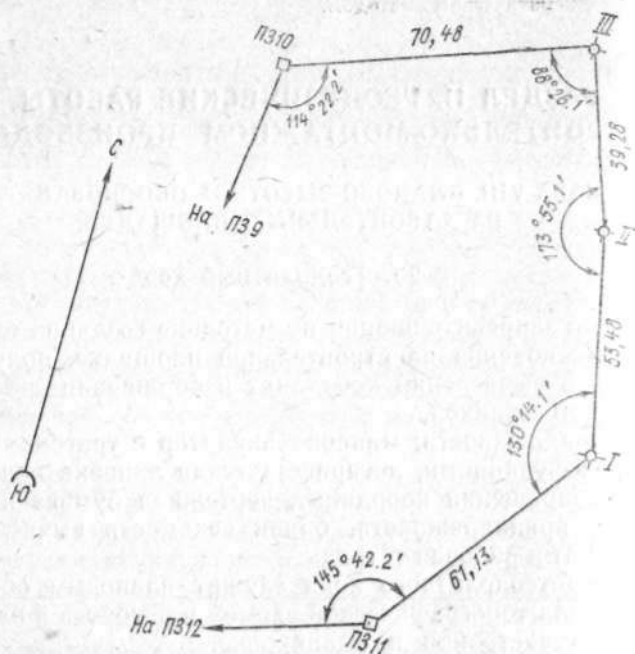
Теодолитный ход — это система ломаных линий, углы между которыми измерены на местности теодолитом, а

стороны — мерным прибором или дальномером соответствующей точности. Теодолитные ходы прокладывают между опорными пунктами или в виде замкнутых полигонов.

Обработку результатов измерений начинают с проверки полевых журналов. Все вычисления в журналах повторяют «во вторую» руку. Средние значения измеренных горизонтальных углов округляют до $0,1'$, а горизонтальных проложений до $0,01$ м.

Затем на плотной бумаге с помощью транспортира и линейки в произвольном масштабе вычерчивают схему теодолитного хода (рис. 41). На схеме показывают все твердые пункты, исходные направления, вершины и стороны теодолитного хода, выписывают средние значения горизонтальных углов и длин сторон (горизонтальных проложений). Для ориентировки на схеме показывают направление меридиана.

Вычисления выполняют в специальной ведомости (табл. 29) в такой последовательности.



41. Схема теодолитного хода

ТАБЛИЦА 29

Точки	Измеренные углы		Исправленные углы		Азимуты (дирекционные углы)		Румбы			Длина линий (горизонтальное проложение), м
	град	мин	град	мин	град	мин	название	град	мин	
1	2		3		4		5			6
ПЗ 12	145	-0,2	145	42,0	<u>75</u>	<u>00,0</u>				
ПЗ 11		42,2								
I	130	-0,2 14,1	130	13,9	40	42,0	СВ	40	42	61,13
II	173	-0,3	173	54,8	350	55,9	СВ	9	04	53,48
		55,1			344	50,7	СВ	15	09	39,28
III	88	-0,2 26,1	88	25,9						
ПЗ 10	144	-0,2	114	22,0	253	16,6	ЮЗ	73	17	70,48
		22,2			<u>187</u>	<u>38,6</u>			P=	224,37
ПЗ 9										
$\Sigma\beta_{изм}$	652	39,7	652	38,6						
$\Sigma\beta_{теор}$	652	38,6								
$f\beta$		+1,1'								
$f\beta_{доп}$	1' $\sqrt{5}$	=2,2'								

Продолжение табл. 29

Приращения				Координаты		Точки
Вычисленные		Исправленные		$\pm X$	ΔY	
$\pm \Delta x$	$\pm \Delta y$	$\pm \Delta x$	$\pm \Delta y$			
7	8	9	10	11	12	13
-2 +46,34	+2 +39,86	+46,32	+39,88	<u>+27,15</u>	<u>+354,07</u>	ПЗ 11
-2 +52,81	+1 -8,43	+52,79	-8,42	+293,47	+393,95	I
-1 +37,91	+1 -10,27	+37,90	-10,26	+346,90	+385,53	II
-3 -20,28	+2 -67,50	-20,31	-67,48	+384,16	+375,27	III
+116,78	-46,34	+116,70	-46,28	<u>+363,85</u>	<u>+307,79</u>	ПЗ 10
+116,70	-46,28					
$f_x = +0,08$	$f_y = -0,06$					

$$\Delta p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,08^2 + 0,06^2} = 0,10 \text{ м}$$

$$\frac{\Delta p}{P} = \frac{0,10}{224,37} \approx \frac{1}{2200} < \frac{1}{2000}$$

1. Со схемы теодолитного хода в графу 1 ведомости вписывают названия всех точек теодолитного хода, начиная с ориентирного направления (ПЗ 12) с начального твердого пункта (ПЗ 11) и до ориентирного направления (ПЗ 9) с конечного твердого пункта (ПЗ 10).

2. Из журнала измерений горизонтальных углов выписывают в графу 2 средние значения измеренных углов. Для контроля значения углов считывают со схемы.

3. Из каталога координат заносят в графу 4 значения твердых дирекционных углов α_{12-11} и α_{10-9} , а в графы 11 и 12 — координаты твердых пунктов ПЗ 11 и ПЗ 10. Исходные данные в ведомость вычислений вписывают красным цветом (в табл. 29 исходные данные подчеркнуты).

исходные данные

задает пре-

подаватель.

4. Из журнала измерения длин линий выписывают в графу 6 значения горизонтальных проложений в строке, которая расположена между строками для конечных точек данной линии. Для контроля значения горизонтальных проложений считывают со схемы.

5. Невязку $f\beta$ в углах вычисляют по формуле

$$f\beta = \sum_{i=1}^n \beta_{\text{изм}} - \Sigma \beta_{\text{теор}},$$

где $\sum_{i=1}^n \beta_{\text{изм}}$ — сумма измеренных углов; $\Sigma \beta_{\text{теор}}$ — теоретическая сумма углов.

Теоретическую сумму внутренних углов замкнутого хода (полигона) определяют по формуле

$$\Sigma \beta_{\text{теор}} = 180^\circ (n - 2),$$

где n — число углов.

Теоретическую сумму углов хода, опирающегося на два твердых пункта с твердыми дирекционными углами в начальной $\alpha_{\text{нач}}$ и конечной точках $\alpha_{\text{кон}}$, вычисляют по формулам

$$\Sigma \beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{нач}} - \alpha_{\text{кон}} + 180^\circ n \text{ — для правых по ходу углов,} \quad (38)$$

$$\Sigma \beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{кон}} - \alpha_{\text{нач}} + 180^\circ n \text{ — для левых по ходу углов.} \quad (39)$$

Вычисляют $\Sigma \beta_{\text{изм}}$ на микрокалькуляторе. Следует обратить внимание на то, что 1° содержит $60'$. Поэтому сумма углов

$$130^\circ 14,2' + 173^\circ 55,1' = 303^\circ 69,3' = 304^\circ 09,3'.$$

Если число минут в сумме превышает 60, надо к чис-

ду градусов прибавить 1° , а остаток записать в число минут.

При вычислении суммы углов на микрокалькуляторе градусы регистрируют цифрами до запятой, минуты — после запятой. Так, угол $130^\circ 14,2'$ на индикаторе высвечивается как 130, 142. Если при сложении на индикаторе дробная часть окажется более 0,6, к результату необходимо прибавить 0,4. В этом случае сохраняется принятая нами запись углов.

При небольшом числе углов вычисления выполняют столбиком в рабочей тетради. При этом более удобным является вычисление сумм по парам с последующим суммированием полученных значений.

При вычислении теоретической суммы по формулам (38) и (39) иногда необходимо из полученного значения вычесть период в 360° . Это объясняется тем, что при определении дирекционных углов целые периоды отбрасывают. В рассматриваемом примере (см. табл. 29) для левых углов по формуле (39) имеем

$$\Sigma \beta_{\text{теор}} = 187^\circ 38,6' - 75^\circ 00,0' + 180^\circ \cdot 5 = 1012^\circ 38,6'.$$

Сравнивая число целых градусов 1012° полученного значения со значением 652° в сумме измеренных углов видим, что за теоретическую сумму необходимо принять величину

$$\Sigma \beta_{\text{теор}}^* = 1012^\circ 38,6' - 360^\circ = 652^\circ 38,6'.$$

6. Сравнивают полученную невязку f_β с допустимой величиной, определяемой по формуле

$$f_{\beta \text{ доп}} = 1' \sqrt{n}.$$

7. Если f_β по абсолютной величине не превышает $f_{\beta \text{ доп}}$ невязку распределяют на все углы поровну с противоположным знаком. Поправку в каждый угол вычисляют по формуле

$$\delta_\beta = -f_\beta / n.$$

Величину δ_β округляют до $0,1'$. При округлении поправок не все углы получают одинаковые поправки. В этом случае большую по абсолютной величине поправку вводят в углы, образованные более короткими сторонами. Так, в рассматриваемом примере большая поправка $0,3'$ вводилась в угол II с наиболее короткими сторонами.

Поправки записывают в ведомость над значениями измеренных углов в графе 2.

Контролем правильности распределения невязки служит равенство

$$\sum_{i=1}^n \delta \beta_i = -f_{\beta}.$$

8. В графе 3 вычисляют исправленные значения углов

$$\beta_i = \beta_{i \text{ изм}} + \delta \beta_i.$$

Для контроля подсчитывают сумму исправленных углов. Она должна быть равна $\Sigma \beta_{\text{теор}}$.

9. По исходному дирекционному углу $\alpha_{\text{нач}}$ и исправленным углам определяют дирекционные углы сторон по формулам

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^\circ - \beta_i \text{ для правых углов}$$

и

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} - 180^\circ + \beta_i, \text{ для левых углов.}$$

Для вычислений используют микрокалькуляторы. При небольшом числе сторон вычисление выполняют в рабочей тетради, располагая их столбиком. Для рассматриваемого примера эти вычисления в рабочей тетради выглядят так

$$\begin{array}{r} \text{ПЗ 12} - \text{ПЗ 11 } 75^\circ 00,0' \\ + 180 \\ \hline 255 \ 00,0 \\ + 145 \ 42,0 \\ \hline 400 \ 42,0 \end{array}$$

Так как это значение больше периода, то надо отнять 360°

$$\begin{array}{r} \text{ПЗ 11} - \text{I} \\ - 360 \\ \hline 40 \ 42,0 \\ + 180 \\ \hline 220 \ 42,0 \end{array}$$

$$r_{11-I} = \text{СВ}: 40^\circ 42'$$

$$\begin{array}{r} \text{I} - \text{II} \\ + 130 \ 13,9 \\ \hline 350 \ 55,9 \\ - 180 \\ \hline 170 \ 55,9 \end{array}$$

$$r_{I-II} = \text{СЗ}: 9^\circ 04'$$

$$\begin{array}{r} \text{II} - \text{III} \\ + 173 \ 54,8 \\ \hline 344 \ 50,7 \\ - 180 \\ \hline 164 \ 50,7 \end{array}$$

$$r_{II-III} = \text{СЗ}: 15^\circ 09'$$

$$\begin{array}{r} \text{III} - \text{ПЗ 10} \\ + 88 \ 25,9 \\ \hline 253 \ 16,6 \end{array}$$

$$r_{III-\text{ПЗ}10} = \text{ЮЗ}: 73^\circ 17'$$

10. Производят контроль вычислений, для чего получают дирекционный угол твердого направления на последней точке теодолитного хода

$$\begin{array}{r}
 \text{III—ПЗ } 10 \quad 253^{\circ}16,6' \\
 \quad \quad \quad -180 \\
 \hline
 \quad \quad \quad 73 \quad 16,6 \\
 \\
 \quad \quad \quad +114 \quad 22,0 \\
 \text{ПЗ } 10 - \text{ПЗ } 9 \quad 187 \quad 38,6
 \end{array}$$

Любое отклонение от твердого значения говорит о наличии в вычислениях ошибки, которую необходимо найти и исправить.

Если в последующем обработку ведут с помощью таблиц приращений координат, то одновременно с дирекционными углами определяют румбы сторон. При переходе к румбам целесообразно пользоваться рис. 8. Полученные значения румбов вписывают в графу 5 ведомости вычислений (см. табл. 29).

При вычислениях с микрокалькулятором графу 5 ведомости не заполняют.

11. По значениям дирекционных углов (румбов) и длинам сторон d вычисляют приращения координат.

Для вычисления по таблицам приращений координат используют формулы

$$\Delta x = \pm d \cos r, \quad \Delta y = \pm d \sin r.$$

Знаки приращений координат определяют в зависимости от названия румба (табл. 30).

ТАБЛИЦА 30

Дирекционные углы	Названия румбов	Знак приращений		Дирекционные углы	Названия румбов	Знак приращений	
		Δx	Δy			Δx	Δy
$0^{\circ} < \alpha < 90^{\circ}$	СВ	+	+	$180^{\circ} < \alpha < 270^{\circ}$	ЮЗ	-	-
$90^{\circ} < \alpha < 180^{\circ}$	ЮВ	-	-	$270^{\circ} < \alpha < 370^{\circ}$	СЗ	+	+

Приращения координат выбирают из таблиц по значению румба. Для углов от 0° до 90° подписи градусов угла в виде приращения (Δx и Δy) расположены в верхней части страниц, а значения минут — в левой колонке. Для углов от 45° до 90° подписи расположены соответственно снизу в правой колонке.

В таблице даны произведения $\sin r$ и $\cos r$ соответственно на 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 и 90. Поэтому при вычислении длину линии представляют в виде суммы сотен, десятков, целых метров и дробной части. Для сотен метров табличное значение увеличивают в 10 раз переносом запятой вправо на один знак, для метров — уменьшением в 10 раз переносом запятой на один знак влево. Дробные доли метра выбирают из таблиц в нижней части страницы, где все значения даны в миллиметрах.

Все промежуточные результаты записывают в таблицы рабочей тетради с тремя значащими цифрами, а окончательные результаты округляют до 0,01 м и вписывают в графы 7 и 8 ведомости вычислений координат. В табл. 31 дан образец записи при вычислении приращений в рабочей тетради.

ТАБЛИЦА 31

ПЗ 11—I	$d=61,13$	$r=CB\ 40^\circ 42'$
d	Δx	Δy
60	45,488	39,126
1	0,758	0,652
0,13	0,099	0,085
61,13 округленные	46,345 +46,34	39,863 —39,86

На микрокалькуляторе приращения координат вычисляют по формулам

$$\Delta x = d \cos \alpha \text{ и } \Delta y = d \sin \alpha.$$

Программа вычислений для микрокалькуляторов приведена в табл. 32. В этой таблице рассмотрен пример вычисления приращений для стороны I—II ($\alpha=350^\circ 55,9'$ и $d=53,48$ м).

12. Вычисляют невязки приращений координат

$$f_x = \sum \Delta x_{\text{выч}} - \sum \Delta x_{\text{теор}};$$

$$f_y = \sum \Delta y_{\text{выч}} - \sum \Delta y_{\text{теор}}.$$

ТАБЛИЦА 32

Задача	Последовательность нажатия клавиш	Показания индикатора	Примечания
Режим	Градусы		Переключатель ставят в положение «градусы»
Представление угла в градусах и его долей	55,9 «:» 60 «+» 350 «=»	0,93 16666 350,9613	$55,9' = 0,9316666^\circ$, $350^\circ 55,9' = 350,9613^\circ$
	«F» «3АП»	350,9613	Число в регистре памяти (РП)
Получение $\cos \alpha$	«F» «cos»	0,987501	—
Вычисление $d \cos \alpha$	«X» 53,48 «=»	52,811553	$\Delta x = +52,81$ записывают в графу 7 ведомости вычислений
Вызывают α из РП	«F» « \longleftrightarrow »	350,9613	—
Получение $\sin \alpha$	«F» «sin»	-0,157612	—
Вычисление $d \sin \alpha$	«X» 53,48 «=»	-8,423097	$\Delta y = -8,32$ записывают в графу 8 ведомости вычислений

где $\Sigma \Delta x_{\text{теор}} = X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}}$ — теоретическая сумма приращений абсцисс; $\Sigma \Delta y_{\text{теор}} = Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}}$ — теоретическая сумма приращений координат.

Для замкнутого хода $\Sigma \Delta x_{\text{теор}} = 0$ и $\Sigma \Delta y_{\text{теор}} = 0$.

13. Определяют абсолютную невязку Δp из выражения

$$\Delta p = \sqrt{f_x^2 - f_y^2}$$

и находят относительную невязку в виде дроби с числителем единица

$$\Delta p / P = 1 / N,$$

где $P = \Sigma d$ — длина хода (периметр).

Для теодолитного хода относительная невязка не должна превышать 1:2 000.

14. Допустимую невязку в приращениях распределяют пропорционально длинам сторон. Для этого вычисляют поправки

$$\delta_x = -\frac{f_x}{P} d_i, \quad \delta_y = -\frac{f_y}{P} d_i,$$

округляют их до 0,01 м и выписывают со своими знаками над соответствующими приращениями в графах 7 и 8. Сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком.

15. Вычисляют исправленные значения приращений координат

$$\Delta x_{\text{испр}} = \Delta x_{\text{выч}} + \delta_x; \quad \Delta y_{\text{испр}} = \Delta y_{\text{выч}} + \delta_y$$

и записывают результаты в графы 9 и 10;

Для контроля определяют суммы исправленных приращений и сравнивают их со значениями теоретических сумм. Отклонения от теоретического значения свидетельствуют о наличии в вычислениях ошибки, которую необходимо найти и исправить.

16. По исправленным приращениям вычисляют координаты точек теодолитного хода

$$X_i = X_{i-1} + \Delta x_i \text{ и } Y_i = Y_{i-1} + \Delta y_i,$$

где X_i и X_{i-1} — абсциссы последующей и предыдущей точек; Y_i и Y_{i-1} — ординаты последующей и предыдущей точек.

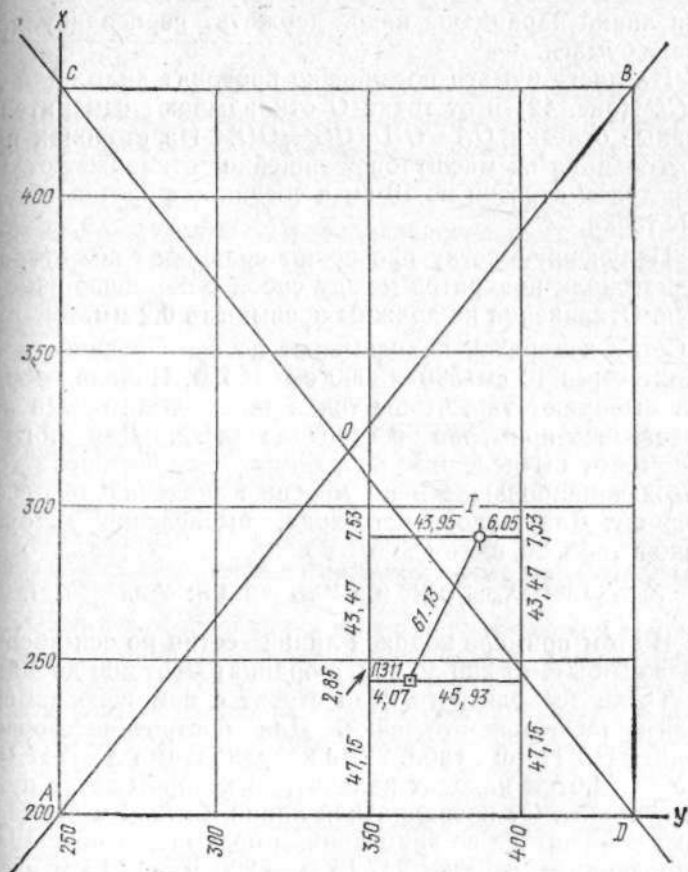
Полученные результаты записывают в графы 11 и 12 ведомости.

Контролем вычислений служит совпадение координат конечной точки хода.

Задание: в табл. 33 даны результаты измерений левых углов и длин линий теодолитного хода, а в табл.

ТАБЛИЦА 33

Название точек	Измеренные углы	Длины линий (горизонтальные проложения), м
ПЗ 2	95°05,0'	93,47
I	171 08,5	84,86
II	94 34,0	95,91
III	89 50,0	85,45
ПЗ 3	178 41,0	



М 1:500

42. Схема построения плана теодолитного хода

34 — твердые дирекционные углы ($\alpha_{\text{ПЗ 1—ПЗ 2}}$ и $\alpha_{\text{ПЗ 3—ПЗ 4}}$) и координаты твердых точек ПЗ 2 и ПЗ 3. Вычислить координаты точек теодолитного хода. (Варианты задает преподаватель).

Построение координатной сетки и точек теодолитного хода по координатам вершин выполняют на листе плотной бумаги в масштабе 1:500 хорошо отточенным карандашом 3Т или 4Т по тонкой металлической линейке или деревянной линейке со скошенным ребром. При проведе-

нии линий карандаш надо держать перпендикулярно листу бумаги.

На листе бумаги по линейке проводят диагонали AB и CD (рис. 42) и от точки O откладывают измерителем равные отрезки $OA=OB=OC=OD$. На сторонах прямоугольника по масштабной линейке откладывают измерителем отрезки по 10 см и соединяют противоположные точки.

Полученную сетку проверяют сравнивая все стороны и диагонали квадратов между собой с помощью измерителя. Отклонения не должны превышать 0,2 мм.

Сетку квадратов подписывают по осям абсцисс и ординат через 10 см $\cdot 500 = 5000$ см $= 50$ м. Начало координат выбирают так, чтобы точки теодолитного хода располагались примерно в середине листа. Для этого по ведомости вычисления координат теодолитного хода находят наибольшие и наименьшие значения абсцисс и ординат. Для теодолитного хода, вычисление которого дано в табл. 26, имеем

$$X_{\max} = 384; X_{\min} = 246 \text{ м и } Y_{\max} = 393 \text{ м; } Y_{\min} = 307 \text{ м.}$$

В этом примере подписи линий сетки по оси абсцисс должны быть от 200 до 400, а ординат — от 300 до 400 м.

Точки теодолитного хода строят с помощью измерителя и масштабной линейки. Для построения первого пункта ПЗ 11 (см. табл. 29) с координатами $X=247,15$ м и $Y=354,07$ м находят квадрат, в котором этот пункт расположен. От координатной линии $X=200$ м откладывают в масштабе по двум линиям ординат, ограничивающим квадрат, отрезки $247,15 \text{ м} - 200 \text{ м} = 47,15 \text{ м}$ и соединяют полученные точки прямой линией. Все точки этой линии имеют абсциссу $X=247,15$ м. Для контроля от линии сетки $X=250$ откладывают отрезки $250 \text{ м} - 247,15 \text{ м} = 2,85 \text{ м}$. Несовпадение точек не должно превышать 0,2 мм. Далее по полученному отрезку от линии сетки $Y=350$ м откладывают отрезок $354,07 \text{ м} - 350 \text{ м} = 4,07 \text{ м}$ и получают точку ПЗ 11. Для контроля построения ординат от линии сетки $Y=400$ м откладывают отрезок $400 \text{ м} - 354,07 \text{ м} = 45,93 \text{ м}$.

Аналогично строят все остальные точки теодолитного хода. Для контроля по масштабной линейке берут раствором измерителя расстояние в масштабе, соответствующее расстоянию между точками в ведомости вычисления координат (см. табл. 29), и сравнивают его с

полученным на плане. Отклонения не должны превышать 0,3 мм.

Полученные точки накалывают и обозначают условными знаками с надписями названия точек. Твердые пункты обозначают квадратом со сторонами 3 мм, а вершины ходов — кружочком диаметром 2 мм. Полученные точки последовательно соединяют тонкими линиями (0,2 мм) и получают план теодолитного хода.

Задание. В масштабе 1:500 построить теодолитный ход по координатам вершин, полученным в ведомости вычислений координат.

Нивелирный ход

Цель: закрепить знания по методике создания высотного обоснования на строительной площадке, получить навыки в вычислении отметок точек и обращении с вычислительной техникой.

Принадлежности: микрокалькулятор или конторские счета, бланк ведомости вычислений отметок и рабочая тетрадь.

Высотным обоснованием для топографических съемок на строительной площадке служат точки теодолитного хода, отметки которых получены техническим нивелированием. При выполнении строительно-монтажных работ непосредственно на здании высотным обоснованием служат рабочие реперы, отметки которых получают техническим нивелированием не менее чем от трех реперов государственной сети или высотного обоснования строительного объекта.

Для определения отметок прокладывают нивелирный ход, т. е. последовательно измеряют превышения между связующими точками. На рис. 43 дана схема, на которой между твердыми точками ПЗ 11 и ПЗ 10 проложен нивелирный ход со связующими точками II и III. Журнал измерения превышений приведен в табл. 26.

Обработку результатов измерений начинают с постраничного контроля в журнале нивелирования. Для этого вычисляют суммы

(19) Σa_k , (20) Σa_q , (21) ΣPO_a , (22) Σb_k , (23) Σb_q , (24) ΣPO_b и проводят контроль

$$\Sigma a_k - \Sigma a_q = \Sigma PO_a, \quad \Sigma b_k - \Sigma b_q = \Sigma PO_b.$$

Затем вычисляют суммы положительных и отрицательных превышений по красной (25+), (25—) и черной

ТАБЛИЦА 26

№ станции	№ нивелируемых точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм		Среднее превышение, мм		Горизонт прибора, м	Отметки, м	
		задней	передней	промежуточной	+	-	+	-		вычисленные	исправленные
1	ПЗ 11 (А)	5143 (1) 0362 (4) 4781 (6)							188,596 (14)	183,453	183,453
	П (В)		6476 (2) 1694 (3) 4782 (5)			1333 (10) 1332 (11)		1332 (12)	183,815 (15)		
	I (С)			5915 (7) 1132 (8) 4783 (9)						182,121 (13) 182,681 (16)	182,182 182,682 (18)
										182,683 (17)	
2	II	5163 0383 4780								182,121	182,125
	III		6111 1327 4784			0948 0944		0946		181,175	181,182

№ станции	№ нивелируемых точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм		Среднее превышение, мм		Горизонт прибора, м	Отметки, м		
		задней	передней	промежуточной	+	—	+			—	вычисленные	исправленные
3	III	6544 1760 4784									181,175	181,182
	ПЗ10		5719 0933 4786		0825 0827			0826			182,001	182,012
Контрольные вычисления		16850 (19) 2505 (20) 14345 (21)	18306 (22) 3954 (23) 14352 (24)		(0825 (25+) 0827 (26+)	2281 (25—) 2276 (26—) 1456 (27) 1449 (28)	0826 (29+)	2278 (29—) 1452 (30)			—1,452	

Отсчеты берут по двусторонним рейкам и записывают в журнал измерений (табл. 26) в такой последовательности:

- (1) отсчет по красной стороне задней рейки a_k ;
- (2) то же, передней рейки b_k ;
- (3) отсчет по черной стороне передней рейки b_q ;
- (4) то же, задней рейки a_q .

После взятия отсчетов по рейкам проверяют измерения, для чего вычисляют

- (5) разность нулей на передней точке $PO_b = b_k - b_q$;
- (6) то же, на задней точке $PO_a = a_k - a_q$.

Величины PO_b и PO_a не должны различаться более чем на 4 мм. Если условие выполнено, подают команду заднему реечнику, и он последовательно устанавливает рейку на всех промежуточных точках. При выполнении работ на строительных конструкциях на всех промежуточных точках берут

- (7) отсчет по красной стороне c_k ;
- (8) отсчет по черной стороне c_q .

Для контроля вычисляют

- (9) разность нулей на промежуточной точке $PO_c = c_k - c_q$.

Обработку журнала на станции завершают вычислениями

- (10) превышения по красным сторонам реек $h_k = a_k - b_k$;
- (11) то же, по черным сторонам реек $h_q = a_q - b_q$;
- (12) среднего превышения на станции $h = 0,5(h_k + h_q)$.

Превышение по черной и красной сторонам реек не должны различаться более чем на 4 мм.

Отметку передней связующей точки находят по формуле

$$(13) \quad H_B = H_A + h,$$

а отметки промежуточных точек вычисляют с контролем через горизонты прибора по красной ГП_к и черной ГП_ч сторонам рейки

$$(14) \quad \text{ГП}_к = H_A + a_к; \quad (15) \quad \text{ГП}_ч = H_A + a_ч;$$

$$(16) \quad H_{с_к} = \text{ГП}_к - c_к; \quad (17) \quad H_{с_ч} = \text{ГП}_ч - c_ч.$$

За окончательную отметку промежуточной точки принимают среднее значение

$$(18) \quad H_c = 0,5 (H_{с_к} + H_{с_ч}).$$

Связующие точки	Измеренные превышения, мм	Число станций	Исправленные превышения, мм	Отметки точек, м
1	2	3	4	5
ПЗ 11	+4 -1332	1	-1328	183,453
II	+3 -946	1	-943	182,125
III	+4 +826	1	+830	181,182
ПЗ 10				182,012
$\Sigma h_{изм}$ $\Sigma h_{теор}$	-1452 -1441	$n=3$	-1441	
t_h	+11			
$f_h \text{ доп} = 10 \sqrt{3} = 17 \text{ мм}$				

где $\Sigma h_{изм}$ — сумма измеренных превышений; $\Sigma h_{теор} = H_{кон} - H_{нач}$ — теоретическая сумма превышений, равная разности отметок конечной (ПЗ 10) и начальной (ПЗ 11) твердых точек.

Если нивелирный ход замкнутый, т. е. начинается и заканчивается на одной и той же точке, то $\Sigma h_{теор} = 0$.

Сумму превышений вычисляют на микрокалькуляторе. При небольшом числе станций в ходе сумму превышений вычисляют столбиком в рабочей тетради.

5. Сравнивают полученное значение невязки с допустимой величиной, определяемой по формуле

$$f_h \text{ доп} = 10 \sqrt{n},$$

где $n = \Sigma n_i$ — число станций в нивелирном ходе.

6. Если невязка по абсолютной величине не превышает допускаемого значения, ее распределяют на все превышения пропорционально числу станций. Поправку определяют по формуле

$$\delta h_i = f_h / n_i.$$

Величину δh_i округляют до 1 мм. При округлении поправок не все превышения получают одинаковые поправки. В этом случае большую по абсолютной величине поправку вводят в наиболее длинную сторону нивелирного хода.

Поправки выписывают со своим знаком в графе 2 над превышениями.

Контролем правильности распределения невязки служит равенство $\sum \delta h_i = -f_h$.

7. В графе 4 вычисляют исправленные значения превышений $h_{i \text{ испр}} = h_{i \text{ изм}} + \delta h_i$.

Для контроля подсчитывают сумму исправленных превышений, которая должна быть равна теоретической сумме превышений, т. е. $\sum h_{i \text{ испр}} = \sum h_{\text{теор}}$.

8. Отметки всех связующих точек вычисляют последовательно по формуле $H_i = H_{i-1} + h_{i \text{ испр}}$.

Результаты вычислений заносят в графу 5.

Контролем правильности вычислений служит совпадение вычисленной и твердой отметок конечной точки хода.

Полученные отметки связующих точек выписывают в графу 12 журнала нивелирования (табл. 24). Если они отличаются от вычисленных в графе 11 журнала более чем на 4 мм, то отметки промежуточных точек на этой станции изменяют на величину разности.

Задание. Вычислить отметки связующих точек нивелирного хода по данным, приведенным в табл. 36. (Варианты задает преподаватель).

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое теодолитный ход?
2. Что такое угловая невязка в теодолитном ходе и как она распределяется?
3. Что такое невязки в приращениях координат и как они распределяются?
4. Каков геометрический смысл линейной невязки?
5. Какая линейная невязка допускается в теодолитном ходе?
6. Какие методы контроля используют при построении плана теодолитного хода по координатам вершин?
7. Что такое нивелирный ход?
8. Как контролируют правильность вычислений в журнале нивелирования?
9. Что такое невязка нивелирного хода и как она распределяется на превышения?
10. Как проверить правильность распределения невязки в нивелирном ходе?