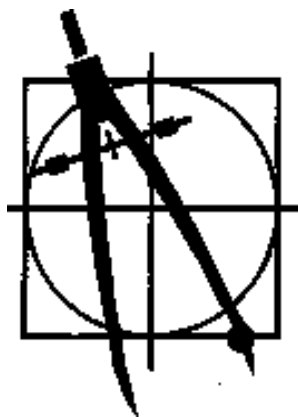


Федеральное агентство по образованию
Ухтинский государственный технический университет

ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ТОЧЕК В ТЕОДОЛИТНОМ ХОДЕ

**Методические указания к выполнению расчетно-графической работы
по дисциплине “Инженерная геодезия”**



Ухта 2008

УДК 528.425 (075.8)
Ф 34

Федотов, Н.С. Вычисление координат точек в теодолитном ходе [Текст]: метод. указания / Н.С. Федотов, В.Ю. Дудников, С.Б. Дудникова.– Ухта: УГТУ, 2008.- 14 с., ил.

Методические указания предназначены для студентов специальностей: **130501** Проектирование и эксплуатация магистральных трубопроводов, **250401** Лесоинженерное дело. В методических указаниях рассмотрены вопросы решения обратной геодезической задачи и вычисления координат точек в теодолитном ходе с помощью калькулятора. Содержание методических указаний соответствует рабочей учебной программе.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры ТМЛиПГ 27.05.2008 г., протокол №8

Рецензент: О.Н. Бурмистрова, д.т.н., зав. кафедрой ТМЛиПГ Ухтинского государственного технического университета

План 2008 г., позиция 237.

Подписано в печать 16.06.2008. Компьютерный набор.

Объем 14 с. Тираж 100 экз. Заказ № 220.

© Ухтинский государственный технический университет, 2008
169300, г. Ухта, ул. Первомайская, 13.
Отдел оперативной типографии УГТУ.
169300, г. Ухта, ул. Октябрьская, 13.

1. Цель и задачи расчетно-графической работы.

Настоящее методическое указание имеет своей целью оказать помощь студентам в обработке результатов полевых измерений и получить координаты точек разомкнутого теодолитного хода.

Геодезические работы, как правило, имеют два этапа: полевые работы (измерения на местности) и камеральные работы (обработка результатов полевых измерений) и составление плана участка местности.

2. Краткие сведения о разомкнутом теодолитном ходе.

Полевые работы при тахеометрической съемке заключаются в создании на подлежащем к съемке участке ломанной или замкнутой линии, представляющую ту или иную фигуру, ее называют теодолитным ходом (рис. 1). Точки перегибов линии, закрепляемых на местности деревянными кольями или другими знаками, называют вершинами, а прямые, соединяющие вершины – сторонами теодолитного хода.

Углы при вершинах теодолитного хода измеряют с точностью $30''$ теодолитом, а длины сторон – мерными приборами с относительной погрешностью чаще всего с относительной погрешностью 1:2000 (рис. 2). Горизонтальные проложения сторон определяют с учетом угла наклона местности, который также измеряется теодолитом. Опираясь на полученный теодолитный ход, который является плановым обоснованием тахеометрической съемки, производится съемка характерных точек контуров местности (ситуации) с зарисовкой на схематических чертежах, называемых абрисами.

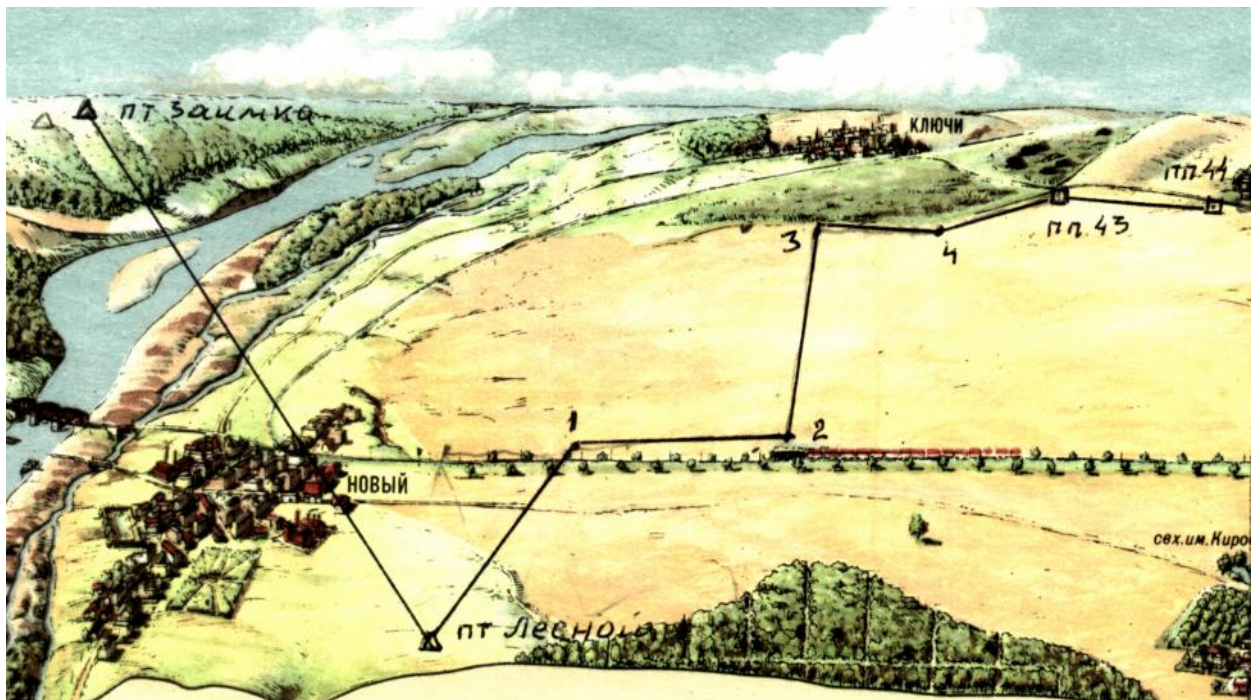


Рис.1.

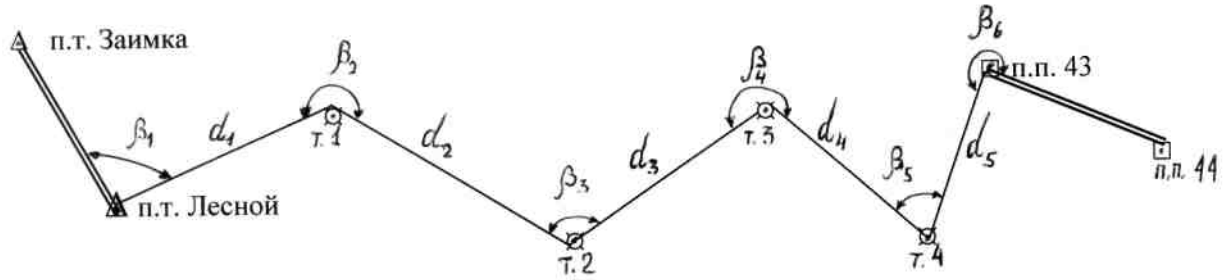


Рис. 2.

Зная координаты X, Y пунктов государственной геодезической сети (пункты триангуляции - Δ и полигонометрии - \square) на которые опирается теодолитный ход, решая обратную геодезическую задачу вычисляют α – начальный и конечный дирекционный угол хода.

3. Исходные данные и материалы, выдаваемые студентам.

Вариант с исходными данными и результатами полевых измерений приведен в табл. 1.

Таблица 1

№ точек хода	Измеренные углы β (градусы и минуты)	Измеренные длины линий d , (м)	Координаты	
			X, (м)	Y, (м)
п.т. Заимка			8292.43	2922.15
п.т. Лесной	$130^{\circ} 42.2'$		4922.46	5383.77
т.1	$275^{\circ} 20.8'$	348.52		
т.2	$127^{\circ} 15.9'$	277.15		
т.3	$239^{\circ} 51.5'$	374.92		
т.4	$149^{\circ} 57.5'$	381.44 ($v=2^{\circ} 43'$)		
п.п. 43	$264^{\circ} 01.9'$	293.22	3696.40	5892.75
п.п. 44			3523.42	5388.85

Бланк “Ведомость вычисления координат” (прил. 1) в который переписываются данные из табл. 1.

4. Решение обратных геодезических задач.

Обратная геодезическая задача – определение длины d и дирекционного угла α направления отрезка прямой линии по данным координатам его начальной и конечной точек.

Дирекционные углы сторон опорных пунктов п.т. Заимка- п.т. Лесной и п.п. 43 – п.п. 44 определяются решением обратных задач по формулам:

$$\operatorname{tgr} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}; \quad r_{1-2} = \operatorname{arctg} \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

и далее
$$d_{1-2} = \frac{X_2 - X_1}{\operatorname{Cos} \alpha_{1-2}} = \frac{Y_2 - Y_1}{\operatorname{Sin} \alpha_{1-2}} .$$

Решение обратных задач выполняется с помощью калькулятора, в последовательном порядке, приведенном в табл. 2.

Таблица 2

№ действий	Обозначения	Действия	1. п.т. Заимка 2. п.т. Лесной	1. п.п. 43 2. п.п. 44
1	Y_2	Из задания	5383.77	5388.85
2	Y_1	Из задания	2922.15	5892.75
3	ΔY	$Y_2 - Y_1$	2461.62	-503.90
10	$\operatorname{Sin} \alpha$	С помощью калькулятора	0,589854	-0,945821
11	d_1	$\frac{ \Delta Y }{ \operatorname{Sin} \alpha }$	4173,30	532,76
4	X_2	Из задания	4922.46	3523.42
5	X_1	Из задания	8292.43	3696.40
6	ΔX	$X_2 - X_1$	-3369.97	-172.98
12	$\operatorname{Cos} \alpha$	С помощью калькулятора	-0,807510	-0,324688
13	d_2	$\frac{ \Delta X }{ \operatorname{Cos} \alpha }$	4173,29	532,76
7	tgr	$\frac{ \Delta Y }{ \Delta X }$	0.73046	2.91305
8	r	С помощью калькулятора	36,14656 36 08,8	71,05356 71 03,2
9	α	По формулам перехода	143 51,2	251 03,1
14	Δd	$ d_1 - d_2 \leq 0.20$	0,01	0.00
15	$d_{\text{сред.}}$	$\frac{d_1 - d_2}{2}$	4173,30	532,76

Примечание: по знакам приращений координат определяется четверть в которой расположено определяемое направление и, используя формулы перехода (рис. 3.) вычисляют дирекционные углы.

Формулы перехода

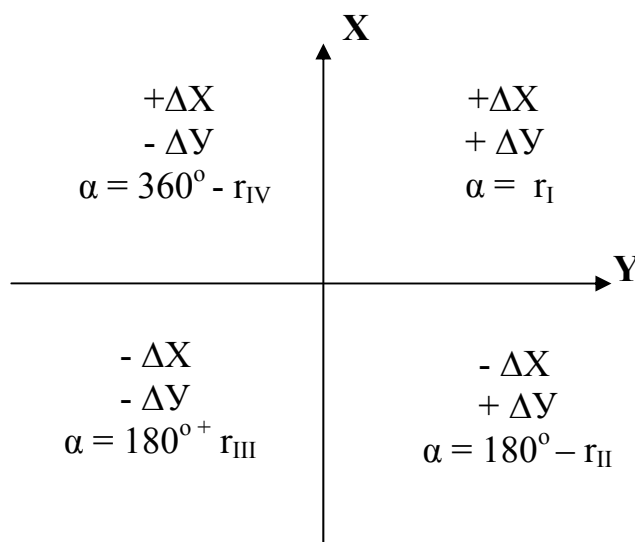


Рис. 3.

Вычислительная обработка "Ведомости вычисления координат".

5.1 Подготовительный этап.

На лицевой стороне бланка "Ведомости вычисления координат" рисуется схема теодолитного хода (рис.2). На схеме показываются измеренные углы β (левые по ходу), начальный и конечный дирекционные углы $\alpha_{нач.}$, $\alpha_{кон.}$, длины линий d , координаты начальной и конечной точек хода $X_{нач.}$, $Y_{нач.}$, $X_{кон.}$, $Y_{кон.}$.

В "Ведомость вычисления координат" из табл. 1 переписываются следующие исходные данные:

5.1.1. Измеренные углы β (колонка 2),

5.1.2. Начальный и конечный дирекционные углы $\alpha_{нач.}$, $\alpha_{кон.}$ (из решения обратных геодезических задач $\alpha_{нач.}$ – задача п.т. Лесной и п.т. Заимка, $\alpha_{кон.}$ – задача п.п. 43 и п.п. 44) (колонка 5),

5.1.3. Длины линий (горизонтальные проложения) d (колонка 6).

Внимание: длина линии 3-4 ($d = 381.44$ м.) имеет угол наклона к горизонту $v = 2^\circ 43'$, следовательно вычисляется горизонтальное проложение по формуле $d = d \cdot \cos v = 381.44 \cdot \cos 2^\circ 43' = 381.01$ м.

5.1.4. Координаты начальной и конечной точек хода $X_{нач.}$, $Y_{нач.}$, $X_{кон.}$, $Y_{кон.}$ (колонки 11,12).

5.2. Вычислительный этап.

Решением прямой геодезической задачи является уравнивание измеренных на местности углов и вычисленных приращений.

Общий алгоритм уравнивания заключается в сравнении суммы измеренных величин с ее теоретическим значением. Разница этих величин называется фактической невязкой, она не должна превышать определенного значения, называемого допустимой (теоретической) невязкой. Значения

допустимых невязок определяются по формулам, вытекающим из теории погрешностей, иными словами, они задаются нормативными документами.

Если фактическая невязка не превышает допустимую, ее распределяют на измеренные величины, а если превышает, то результаты полевых измерений бракуются и возвращаются для повторных измерений.

Рассмотрим, например алгоритма уравнивания углов β и приращений координат Δx , Δy .

5.2.1. Вычисляется сумма измеренных углов $\sum \beta_{\text{изм}}$. В примере (прил. 2) $\sum \beta_{\text{изм}} = 1187^{\circ} 09.8'$. При суммировании необходимо помнить, что в одном градусе $60'$.

$$\begin{array}{r} +130^{\circ} 42.2' \\ +275^{\circ} 20.8' \\ +127^{\circ} 15.9' \\ +239^{\circ} 51.5' \\ +149^{\circ} 57.5' \\ +264^{\circ} 01.9' \\ \hline \end{array}$$

$$1184^{\circ} 189.8' \quad (189.8' = 3^{\circ} 09.8') = 1187^{\circ} 09.8'$$

5.2.2. Вычисление теоретической суммы углов $\sum \beta_{\text{теор}}$ по формуле:

$$\sum \beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{кон.}} + 180^{\circ} \cdot n - \alpha_{\text{нач.}}, \quad \text{где } n - \text{ количество точек хода.}$$

В нашем примере: $\sum \beta_{\text{теор}} = 251^{\circ} 03.1' + 180^{\circ} \cdot 6 - 143^{\circ} 51.2' = 1187^{\circ} 11.9'$

5.2.3. Вычисление фактической угловой невязки f_{β} по формуле:

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм.}} - \sum \beta_{\text{теор.}}$$

В нашем примере: $f_{\beta} = 1187^{\circ} 09.8' - 1187^{\circ} 11.9' = - 2.1'$

Фактическая угловая невязка может быть и с плюсом и с минусом.

5.2.4. Вычисление допустимой угловой невязки $f_{\text{доп.}}$ по формуле:

$$f_{\beta_{\text{доп.}}} = 01' \cdot \sqrt{n}, \quad \text{где } n - \text{ количество точек хода.}$$

В нашем примере: $f_{\beta_{\text{доп.}}} = 01' \cdot \sqrt{6} = 2.4'$.

Фактическая невязка по абсолютной величине (модулю) не должна превышать допустимую $|f_{\beta}| \leq f_{\beta_{\text{доп.}}}$. В противном случае необходимо проверить вычисления. Значения $\sum \beta_{\text{изм.}}$, $\sum \beta_{\text{теор.}}$, f_{β} , $f_{\beta_{\text{доп.}}}$ записываются в ведомость вычисления координат (см. прил. 2).

5.2.5. Вычисление поправок в измеренные углы по формулам:

Если $f_{\beta} \leq f_{\beta_{\text{доп.}}}$, т.е. невязка допустима, то вычисляют поправки δ_{β} в измеренные углы путем деления невязки на число углов с округлением

поправок до 0,1'. Поправки имеют знак, противоположный знаку невязки, между собой могут различаться на 0,1', их записывают в графу поправки.

$$\delta_{\beta} = \frac{-f_{\beta}}{n}$$

Контролируют правильность вычисления поправок. Их сумма должна точно равняться невязке с противоположным знаком, т.е.

$$\sum \delta_{\beta} = -f_{\beta} \quad \text{В нашем примере: } f_{\beta} = -02.1', n=6.$$

5.2.6. Вычисление исправленных углов по формуле:

$$\beta_{\text{испр.}} = \beta_{\text{изм.}} + \delta_{\beta}.$$

$$\text{В нашем примере: } 130^{\circ} 42.2' + 0.3' = 130^{\circ} 42.5'$$

$$275^{\circ} 20.8' + 0.4' = 275^{\circ} 21.2' \quad \text{и т.д.}$$

Контролируют правильность вычисления исправленных углов: сумма исправленных углов должна равняться теоретической сумме углов

$$\sum \beta_{\text{испр.}} = \sum \beta_{\text{теор}}$$

5.2.7. Вычисление дирекционных углов по формулам:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + \beta_{\text{испр.}} \pm 180^{\circ},$$

т.е. дирекционный угол линии последующей равен дирекционному углу линии предыдущей плюс левый угол заключенный между этими сторонами плюс или минус 180°.

При вычислении, если $\alpha_n + \beta_{\text{испр.}} < 180^{\circ}$, то необходимо прибавить 180, если $\alpha_n + \beta_{\text{испр.}} > 180^{\circ}$ получилось больше 180°, то необходимо отнять 180°.

Контролем вычислений является получение дирекционного угла конечной стороны. Дирекционные углы записываются в графу "Дирекционные углы" (прил. 2)

$$\text{В нашем примере: } \alpha_2 = \begin{array}{r} +143^{\circ} 51.2' \\ \underline{130^{\circ} 42.5'} \\ -274^{\circ} 33.7' \\ \underline{180^{\circ} 00.0'} \\ 94^{\circ} 33.7' \end{array}$$

$$\alpha_7 = \begin{array}{r} \dots\dots\dots \\ +167^{\circ} 00.8' \\ \underline{264^{\circ} 02.3'} \\ -331^{\circ} 03.1' \\ \underline{180^{\circ} 00.0'} \\ 251^{\circ} 03.1' = \alpha_{\text{кон.}} \end{array}$$

5.2.8. Вычисление приращений координат Δx, Δy по формулам:

$$\Delta x = d \times \cos \alpha$$

$$\Delta y = d \times \sin \alpha,$$

где d – длина линии, α – соответствующий дирекционный угол.

Вычисления выполняются с помощью калькулятора. Значения Δx , Δy записываются в графу “Приращения вычисленные” с округлением до сотых (прил. 2). Пример вычисления приращений координат приведён в табл. 3.

Таблица 3

Задача	Последовательность нажатия клавиш	Показания индикатора	Примечание
Установить режим работы калькулятора DEG			
Значения минут переводятся в градусы	$33.7' : 60' =$	0.56167	
К полученному числу прибавляется значения градусов	$+ 94^0 =$	94.56167^0	Угол α , выраженный в градусах
Полученные градусы запоминаются	F ЗАП или X \rightarrow M	94.56167^0	Число в регистре памяти
Вычисляется Δx	F Cos X 348.52	-0.07953 -27.71852	$\cos \alpha$ Δx
	F ИП или MR	94.56167^0	Значение α , вызывается из памяти
Вычисляется Δy	F Sin или Sin X 348.52	0.99683 + 347.41599	$\sin \alpha$ Δy

Значения Δx , Δy записываются в соответствующую графу.

$$\Delta x = - 27.72, \Delta y = + 347.42$$

5.2.9. Вычисление невязок приращений координат $f_{\Delta x}$, $f_{\Delta y}$ по формулам:

$$f_{\Delta x} = \Sigma \Delta X_{\text{выч.}} - \Sigma \Delta X_{\text{теор.}},$$

$$f_{\Delta y} = \Sigma \Delta Y_{\text{выч.}} - \Sigma \Delta Y_{\text{теор.}}$$

где - $\Sigma \Delta X_{\text{выч.}}$, $\Sigma \Delta Y_{\text{выч.}}$ сумма вычисленных приращений координат Δx , Δy .

Теоретическая сумма приращений координат вычисляется по формулам:

$$\Sigma \Delta X_{\text{теор.}} = X_{\text{кон.}} - X_{\text{нач.}}$$

$$\Sigma \Delta Y_{\text{теор.}} = Y_{\text{кон.}} - Y_{\text{нач.}}$$

где - $X_{\text{кон.}}$, $X_{\text{нач.}}$, $Y_{\text{кон.}}$, $Y_{\text{нач.}}$ координаты начальной и конечной точек хода -
 $X_{\text{нач.}} = X_{\text{П.Т.Л.}}$, $X_{\text{кон.}} = X_{\text{П.П.43.}}$, $Y_{\text{нач.}} = Y_{\text{П.Т.Л.}}$, $Y_{\text{кон.}} = Y_{\text{П.П.43.}}$

Значения сумм и невязок записывают в ведомость вычисления координат (прил. 2). В нашем примере:

$$\Sigma \Delta X_{\text{выч.}} = -1225.74, \Sigma \Delta Y_{\text{выч.}} = +508.70.$$

$$\Sigma \Delta X_{\text{теор.}} = 3696.40 - 4922.46 = -1226.06$$

$$\Sigma \Delta Y_{\text{теор.}} = 5892.75 - 5383.77 = 508.98$$

$$f_{\Delta x} = - 1225.74 - (-1226.06) = +0.32$$

$$f_{\Delta y} = 508.70 - 508.98 = - 0.28$$

5.2.10. Вычисление абсолютной и относительной невязок хода.

$$f_{абс.} = \sqrt{f\Delta x^2 + f\Delta y^2}$$

$$f_{отн} = \frac{f_{абс.}}{\Sigma d}$$

где Σd сумма длин линий хода.

$f_{отн}$ вычисляется в виде простой дроби, в числителе которой стоит единица. Если $f_{отн} > 1/2000$, то необходимо проверить вычисления Δx и Δy . Значения $f_{абс.}$ и $f_{отн}$ записываются в ведомость вычисления координат.

В нашем примере: $f_{абс.} = \sqrt{0,32^2 + 0,28^2} = 0.43$ м.

$$f_{отн} = 0.43/1674.22 = 1/3894 = 1/3900$$

Чтобы получить $f_{отн}$ в виде простой дроби в числителе которой стоит единица, для этого $f_{абс.}/f_{абс.} = 0.43/0.43 = 1$, а в знаменателе $\Sigma d/f_{абс.} = 1674.22/0.43 = 3894$ и полученное число округляется до сотен метров.

В результате получим $f_{отн} = 1/3900$.

5.2.11. Вычисление поправок в приращения координат по формулам:

$$(\delta x)_i = -f_{\Delta x} / \Sigma d \times d_i$$

$$(\delta y)_i = -f_{\Delta y} / \Sigma d \times d_i$$

Поправки вводятся пропорционально длинам линий хода с обратным знаком невязок, вычисляются с точностью сотых и записываются в графу “поправки $(\delta x)_i$ и $(\delta y)_i$ ” или над каждым вычисленным приращением Δx , Δy (прил. 2).

Контролем вычисления поправок является равенство:

$$\Sigma (\delta x)_i = -f_{\Delta x}$$

$$\Sigma (\delta y)_i = -f_{\Delta y}$$

Внимание: если равенство не соблюдается, то проверьте правильность округления поправок до сотых или измените их на 0.01.

В нашем примере:

$$(\delta x)_1 = -0.32 / 1674.82 \times 348.52 = -0.07 \text{ м,}$$

$$(\delta x)_2 = -0.32 / 1674.82 \times 277.15 = -0.05 \text{ м} \quad \text{и т.д.}$$

$$(\delta y)_1 = -(-0.28) / 1674.82 \times 348.52 = +0.06 \text{ м,}$$

$$(\delta y)_2 = -(-0.28) / 1674.82 \times 277.15 = +0.05 \text{ м} \quad \text{и т.д.}$$

5.2.12. Вычисление исправленных значений Δx , Δy по формулам

$$\Delta x_{исп.i} = \Delta x_{выч.i} + \delta x_i$$

$$\Delta y_{исп.i} = \Delta y_{выч.i} + \delta y_i$$

Каждому значению $\Delta x_{выч}$ и $\Delta y_{выч}$ соответствует своя поправка. Контролем служит равенство:

$$\Sigma \Delta x_{исп.i} = \Sigma \Delta X_{теор}$$

$$\Sigma \Delta y_{исп.i} = \Sigma \Delta Y_{теор}$$

В нашем примере:

$$\begin{aligned}\Delta x_{\text{исп.1}} &= -27.72 + (-0.07) = -27.79 \\ \Delta x_{\text{исп.2}} &= -273.01 + (-0.05) = -273.06 && \text{и т.д.} \\ \Delta y_{\text{исп.1}} &= 397.42 + (0.06) = 347.48 \\ \Delta y_{\text{исп.2}} &= -47.72 + (0.05) = 47.67 && \text{и т.д.}\end{aligned}$$

5.2.13. Вычисление координат X и Y точек теодолитного хода по формулам:

$$\begin{aligned}X_{n+1} &= X_n + \Delta x_{\text{исп.i}} && n = 1,2,3,4,5,6 \\ Y_{n+1} &= Y_n + \Delta y_{\text{исп.i}} && i = 1,2,3,4,5\end{aligned}$$

Координаты следующей точки равны координатам предыдущей точки плюс соответствующие приращения:

$$\begin{aligned}X_2 &= X_1 + \Delta x_{\text{исп.1}} \\ X_3 &= X_2 + \Delta x_{\text{исп.2}} \\ X_4 &= X_3 + \Delta x_{\text{исп.3}} && \text{и т.д.} \\ Y_2 &= Y_1 + \Delta y_{\text{исп.1}} \\ Y_3 &= Y_2 + \Delta y_{\text{исп.2}} && \text{и т.д.}\end{aligned}$$

Контролем вычисления координат являются равенства:

$$X_6 = X_{\text{кон.}}; Y_6 = Y_{\text{кон.}}$$

В нашем примере:

$$\begin{aligned}X_2 &= 4922.46 + (-27.79) = 4894.67 \\ X_3 &= 4894.67 + (-273.06) = 4621.61 \\ &\dots\dots\dots \\ X_6 &= 3982.18 + (-285.78) = 3696.40 = X_{\text{кон.}} \\ Y_2 &= 5383.77 + 347.48 = 5731.25 \\ Y_3 &= 5731.25 + (-47.67) = 5683.58 \\ Y_6 &= 5826.81 + 65.94 = 5892.75 = Y_{\text{кон.}}\end{aligned}$$

На этом обработка ведомости вычисления координат закончена.

6. Контрольные вопросы

1. Что такое теодолитный ход?
2. Как вычислить угловую невязку f_{β} в теодолитном ходе?
3. Как вычислить допустимую угловую невязку $f_{\beta\text{доп}}$ в теодолитном ходе?
4. Как распределить поправки в углы теодолитного хода?
5. Порядок вычисления дирекционных углов.
6. Формулы вычисления приращений координат.
7. Вычисление невязок $f_{\Delta x}$ и $f_{\Delta y}$ приращений координат.
8. Что такое абсолютная $f_{\text{абс}}$ и относительная $f_{\text{отн}}$ невязки в теодолитном ходе?
9. Как распределяются поправки в приращения координат?
10. Вычисление координат точек теодолитного хода и их контроль.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закатов, П.С. Инженерная геодезия [Текст] / П.С. Закатов.- М: Недра, 1976.- 582 с.
2. Федоров, В.И. Инженерная геодезия [Текст] / В.И. Федоров, П.И. Шилов.- М: Недра, 1982.- 357 с.
3. Хейфец, Б.С. Практикум по инженерной геодезии [Текст] / Б.С. Хейфец, Б.Б. Данилевич.- М: Недра, 1979.- 332 с.

Ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода

№ вершин хода	Измерен- ные углы β		Поп- равки υ	Исправлен- ные углы $\beta_{\text{испр.}}$		Дирекцион- ные углы α		Длины линий (гориз. пролож.)	Приращения координат, м								Координаты		№ вершин хода
	°	'		°	'	°	'		вычисленные				исправленные				x	y	
									+	Δx	-	Δy	+	Δx	-	Δy			
1	2		3	4		5		6	7		8		9		10		11	12	13
П.т. Заимка	-	-		-	-												8292.43	2922.15	П.т. Заимка
П.т. Лесной	130	42,2				143	51,2										4922.46	5383.77	П.т. Лесной
1	275	20,8						348,52											1
2	127	15,9						277,15											2
3	239	51,5						374,92											3
4	149	57,5						381,01											4
П.П.43	264	01,9						293,22									3696.40	5892.75	П.П.43
П.П.44						251	03,1										3523.42	5388.85	П.П.44

Ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода

№ вершин хода	Измерен- ные углы β		Поп- равки v	Исправлен- ные углы $\beta_{испр.}$		Дирекцион- ные углы α		Длины линий $S, (м)$	Приращения координат, (м)								Координаты, (м)		№ вершин хода
	°	'		°	'	°	'		вычисленные				исправленные				X	Y	
									+	Δx	+	Δy	+	Δx	+	Δy			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
П.т. Займка	-	-		-	-										8292.43	2922.15	П.т. Займка		
П.т. Лесной	130	42,2	+0,3	130	42,5	143	51,2			-0,07		+0,06			4922.46	5383.77	П.т. Лесной		
1	275	20,8	+0,4	275	21,2	94	33,7	348,52	-	27,72	+	347,42	-	27,79	+	347,48	4894,67	5731,25	1
2	127	15,9	+0,3	127	16,2	189	54,9	277,15	-	273,01	-	47,72	-	273,06	-	47,67	4621,61	5683,58	2
3	239	51,5	+0,3	239	51,8	137	11,1	374,92	-	275,02	+	254,81	-	275,09	+	254,87	4346,52	5938,45	3
4	149	57,5	+0,4	149	57,9	197	02,9	381,01	-	364,27	-	111,70	-	364,34	-	111,64	3982,18	5826,81	4
П.П.43	264	01,9	+0,4	264	02,3	167	00,8	293,22	-	285,72	+	65,89	-	285,78	+	65,94	3696.40	5892.75	П.П.43
П.П.44						251	03,1										3523.42	5388.85	П.П.44
$\Sigma \beta_{изм.} =$	1187	9,8	+2,1	1187	11,9	$\Sigma S =$		1674,82											
$\Sigma \beta_{теор.} =$	1187	11,9						$\Sigma \Delta x_{выч} =$	-1225,74			$\Sigma \Delta y_{выч.} =$	+508,70						
$f_{\beta} =$		-2,1						$\Sigma \Delta x_{теор} =$	-1226,06			$\Sigma \Delta y_{теор} =$	+508,98						
$f_{\beta доп.} =$		$\pm 2,4$						$f_{\Delta x} =$	+0,32			$f_{\Delta y} =$	-0,28						
								$f_{абс.} = \sqrt{0,32^2 + 0,28^2} =$	0,43										
								$f_{отн.} =$	$\frac{0,43}{1674,22} =$			$\frac{1}{3900}$							