

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт Горного дела и строительства
Кафедра «Геоинженерии и кадастра»

Утверждено на заседании кафедры
«Геоинженерии и кадастра»
«9» июня 2022г., протокол № 4

Заведующий кафедрой



И.А. Басова

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ**
по дисциплине
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ И ОСНОВЫ ТОПОГРАФИИ
Вычисление координат точек теодолитного хода
**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки
07.03.01 Архитектура

с направленностью (профилем)
Архитектура

Форма(ы) обучения: очная, очно-заочная

Идентификационный номер образовательной программы: **070301-01-22**

Тула 2022 год

Разработчик(и) методических указаний

Король В.В. доцент, к.т.н.

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Устинова Е.А. доцент, к.т.н.

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Цель и задачи работы

Изучить методику и получить практические навыки обработки ведомости вычисления координат замкнутого теодолитного хода.

Исходные данные

Данные полевых измерений в замкнутом теодолитном ходе.

Задание

Уравнять результаты измерений в теодолитном ходе и вычислить координаты пунктов хода.

Порядок выполнения работы

В ведомость вычисления координат (см. таблицу 1) вносят исходные данные для уравнивания. В первой графе через строчку выписываются номера точек хода (см. рис. 1), начиная с опорных пунктов А, В и далее по порядку хода. Напротив каждой точки во вторую графу заносят значения измеренных углов β_i . У опорного пункта «В» измерены два угла и номер этого пункта выписывается в ведомость дважды – в начале и в конце хода, - причем первый раз напротив этого пункта выписывается измеренный примычный угол, т.е. угол между исходной стороной и стороной проложенного хода, а в конце – внутренний угол полигона.

В графе «Дирекционные углы» в строке между опорными пунктами А и В заносится взятый из индивидуального задания дирекционный угол исходного направления α_{AB} . Значение второго дирекционного угла подчёркивается.

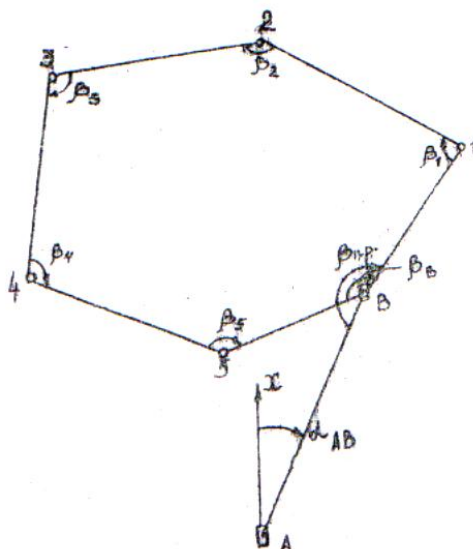


Рис.1. Схема замкнутого теодолитного хода

В графу «горизонтальные проложения линий» в строках между номерами точек записываются соответствующие горизонтальные проложения измеренных линий между пунктами хода, а внизу этой графы подчёркивается периметр P полигона:

$$P = \sum D_a \quad (1)$$

Если измерены наклонные расстояния, то горизонтальные проложения необходимо подсчитать (с точностью до 0,01 м) по формуле:

$$D_0 = \sum_1^n d_i \cos \nu_i, \quad (2)$$

где D_0 - горизонтальное проложение измеренной стороны хода;

d_i - часть измеренной линии, имеющей угол наклона ν_i ;

В последних столбцах ведомости напротив исходных пунктов записываются их координаты, взятые из индивидуального задания.

Обработка результатов измерений начинается с уравнивания измеренных углов. Для этого под графой «Измеренные углы» проводится черта и подсчитывается сумма всех измеренных углов (для замкнутого хода-

сумма всех внутренних углов полигона без примычного) и вычисляется угловая невязка по формуле:

$$f_{\beta} = \sum \beta - 180^{\circ}(n - 2) , \quad (3)$$

где $\sum \beta$ - сумма измеренных внутренних углов полигона;

n – число вершин полигона;

После вычисления угловой невязки проверяется ее допустимость. Полученная невязка не должна превышать величины

$$f_{\beta_{доп}} = \pm 2t\sqrt{n} , \quad (4)$$

где t - точность измерения углов теодолитом.

Если невязка не выходит за пределы допуска, то она распределяется поровну между всеми измеренными углами с округлением до целых секунд. Поправки, придаваемые каждому измеренному углу, должны иметь знак, обратный знаку угловой невязки. Каждая такая поправка подписывается сверху, над измеренным углом.

Сумма всех введенных поправок $\Delta\beta$ должна быть равна невязке f_{β} , взятой с обратным знаком, т.е.

$$\sum \Delta\beta = -f_{\beta} \quad (5)$$

В графе «Исправленные углы» записываются значения исправленных углов с учетом введенной поправки. Для контроля вновь подсчитывается сумма исправленных углов, которая должна приводить к невязке, равной нулю.

Вычисление дирекционных углов всех сторон хода производится последовательно, начиная от дирекционного угла начальной стороны. При этом дирекционный угол каждой последующей стороны хода равен дирекционному углу предыдущей стороны хода плюс исправленный угол поворота хода $\pm 180^{\circ}$ (измерены левые углы поворота), т.е.

$$\alpha_K = \alpha_{\Pi-1} + \beta_{\Pi}' \pm 180^\circ. \quad (6)$$

Значение 180° прибавляется, если $(\alpha_{\Pi-1} + \beta_{\Pi}')$ окажется меньше 180° , и вычитается, если $(\alpha_{\Pi-1} + \beta_{\Pi}')$ окажется больше 180° .

Контроль вычисления дирекционных углов осуществляется по дирекционному углу первой стороны хода В-1, который в начале вычисляется через примычный угол, а в конце – через внутренний угол полигона, т.е.

$$\begin{aligned} \alpha_{B-1} &= \alpha_{A-B} + \beta_{B \text{ прим.}} \pm 180^\circ \\ \text{и } \alpha_{B-1} &= \alpha_{\Pi-B} + \beta_B' \pm 180^\circ \end{aligned} \quad (7)$$

После выполнения описанных работ приступают к вычислению приращений координат по всем сторонам хода по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_{ik} &= D_{ik} \cos \alpha_{ik} \\ \Delta y_{ik} &= D_{ik} \sin \alpha_{ik} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Значения Δx и Δy вычисляются с округлением до 0,01 м. После вычисления приращений координат подсчитываются их суммы и находят невязки в координатах по формулам:

$$f_x = \sum \Delta x; \quad f_y = \sum \Delta y; \quad (9)$$

Абсолютная линейная невязка (невязка в периметре)

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad (10)$$

Допустимость этих невязок определяется величиной относительной невязки хода $\frac{f_s}{p}$, которая не должна превышать величины $\frac{1}{2000}$, т.е.

$$\frac{f_s}{p} \leq \frac{1}{2000}.$$

Если это условие выполнено, то невязки в координатах распределяют между приращениями координат с обратным знаком пропорционально длинам сторон хода, округлив их до 0,01 м, то есть каждое приращение получает поправку

$$v_{\Delta x_{ik}} = -\frac{f_x}{\sum D} D_{ik}; \quad v_{\Delta y_{ik}} = -\frac{f_y}{\sum D} D_{ik}.$$

Если невязки составляют несколько сантиметров, то их можно распределить на глаз.

Контроль распределения невязок осуществляется по формулам:

$$\sum v_{\Delta x} = -f_x, \quad \sum v_{\Delta y} = -f_y \quad (11)$$

Каждому вычисленному приращению алгебраически прибавляется соответствующая поправка и результаты вписываются в графу «Исправленные приращения». Суммы исправленных приращений координат должны быть равны нулю.

После окончания этой работы вычисляются последовательно координаты всех вершин полигона, используя исправленные приращения координат:

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= x_n + \Delta x'_{n_1(n+1)}; \\ y_{n+1} &= y_n + \Delta y_{n_1(n+1)}. \end{aligned} \quad (12)$$

Значения координат пунктов записываются в соответствующих их номерам строках ведомости.

В конце вычислений должны вновь получиться координаты первой исходной точки, которые и вписываются в качестве контроля.

Пример уравнивания замкнутого теодолитного хода в условной системе координат дан в таблице 1. При этом приближенные характеристики точности выполненных измерений дают величины полученных невязок.

Таблица 1-Ведомость вычисления координат теодолитного хода с правыми углами поворот

а

№ точек	углы (правые)		Дирекцион ные углы α	S, м	cos α sin α	приращения координат, м				координаты, м	
	измеренны е	исправле нные				вычисленные		исправленные		х	у
						Δх	Δу	Δх	Δу		
1	—	—	—	—		+3	+6	—	—	710,00	827,82
	−0,2		<u>254°05,1'</u>	148,90	—	−40,83	−143,19	−40,80	−143,13		
2	154°06,0'	154°05,8'				+4	+7			669,20	684,69
	−0,2		279°59,3'	181,38	—	+31,45	−178,63	+31,49	−178,56		
3	86°10,0'	86°09,8'				+2	+5			700,69	506,13
	−0,2		13°49,5'	110,76	—	+107,55	+26,47	+107,57	+26,52		
4	119°45,0'	119°44,8'				+5	+10			868,26	532,65
	−0,2		74°04,7'	237,96	—	+65,28	+228,83	+65,33	+228,93		
5	96°06,0'	96°05,8'				+4	+7			873,59	761,58
	−0,2		157°58,9'	176,50	—	−163,63	+66,17	−163,59	66,24		
1	83°54,0'	83°53,8'								710,00	827,82
			<u>254°05,1'</u>	—	—						
2											
$\sum \beta_{изм} = 540^{\circ}01,0'$ $\sum \beta_T = 540^{\circ}$ $\sum \beta_{исп} = 540^{\circ}00,0'$			$\sum S = 855,50$			$f_x = \sum \Delta x = -0,18$ $f_y = \sum \Delta y = -0,35$		$\sum \Delta x = 0$ $\sum \Delta y = 0$			
						$f_S = \sqrt{0,18^2 + 0,35^2} = 0,39$					
$f_{\beta} = \pm 1,0'$						$\frac{f_S}{\sum S} = \frac{0,39}{855,50} = \frac{1}{2200} < \frac{1}{2000}$					
$f_{\beta_{дон}} = 2 \cdot 0,5\sqrt{5} = 2,2'$											

Библиографический список

1. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Е. Б. Ключин [и др.] ; под ред. Д. Ш. Михелева .— 8-е изд., стер.— М.: Академия, 2008 .— 480 с.
2. Федотов, Г. А. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Г. А. Федотов .— 4-е изд., стер. — М.: Высш.шк., 2007 .— 463 с.
3. Лекции по инженерной геодезии (с фрагментами методического комплекса). Учебное пособие/ В.П. Абрамов; под редакцией О.С. Разумова; ТулГУ. - Тула, 2005. – 246 с.
4. Основы геодезии для архитектурно-планировочных работ: Учеб. пособие/ О.С. Разумов, Е.А. Устинова, Тул. гос. ун-т: Тула, 2001.-116 с
5. Чекалин, С. И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии : учебное пособие для вузов / С. И. Чекалин. — Москва : Академический Проект, Гаудеамус, 2016. — 320 с. — ISBN 978-5-8291-1333-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/60031.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
6. Инженерная геодезия : учебное пособие / Э. Ф. Кочетова, И. И. Акрицкая, Л. Р. Тюльникова, А. Б. Гордеев ; под редакцией Э. Ф. Кочетова. — 2-е изд. — Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 159 с. — ISBN 978-5-528-00236-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/80896.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
7. Инженерная геодезия : учебное пособие / составители П. К. Дуюнов, О. Н. Поздышева. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2016. — 104 с. — ISBN 978-5-9585-0687-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/62898.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
8. Инженерная геодезия : учебник / М. Г. Мустафин, В. А. Коугия, Ю. Н. Корнилов [и др.] ; под редакцией М. Г. Мустафин. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский горный университет, 2016. — 337 с. — ISBN 978-5-94211-762-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/71694.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей