

УДК 528.34

Ю.В. Щербак, магістр

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

В. М. Іванов, ст. викладач**М.Я. Бринь**, канд. техн. наук

Петербурзький державний університет шляхів сполучення Імператора Олександра I, м. Санкт-Петербург, Росія

**ПРО ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕОДОЛІТНИХ ХОДІВ
ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ КАДАСТРОВИХ ЗЙОМОК****Ю.В. Щербак**, магістр

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

В.Н. Иванов, ст. преподаватель**М. Я. Брынь**, канд. техн. наук

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, Россия

**ОБ ОБОСНОВАНИИ ПАРАМЕТРОВ ТЕОДОЛИТНЫХ ХОДОВ
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КАДАСТРОВЫХ СЪЁМОК****Yuliia Shcherbak**, master

Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

Viktor Ivanov, senior teacher**Mykhailo Bryn**, PhD in Technical Sciences

Petersburg State Transport University, Saint Petersburg, Russia

**THE SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF THEODOLITE LINES WHEN
PERFORMING CADASTRAL SURVEY**

Запропоновано розрахунок параметрів теодолітних ходів (довжин ходів, довжин сторін, допустимих куткових і абсолютних нев'язок), виходячи з технічних характеристик сучасних геодезичних приладів. Проведено за двома методами дослідження параметрів теодолітних ходів, які, в цілому, збігаються між собою та з вимогами Інструкції з топографічної зйомки.

Ключові слова: параметри теодолітних ходів: довжини ходів, довжини сторін, допустимі кутові й абсолютні нев'язки.

Предложен расчет параметров теодолитных ходов (длин ходов, длин сторон, допустимых угловых и абсолютных невязок), исходя из технических характеристик современных геодезических приборов. Проведены по двум методам исследования параметров теодолитных ходов, которые, в целом, совпадают между собой и с требованиями Инструкции по топографической съемке.

Ключевые слова: параметры теодолитных ходов: длины ходов, длины сторон, допустимые угловые и абсолютные невязки.

Proposed calculation parameters theodolite moves (moves lengths, lengths, permissible angular and absolute residuals) based on technical characteristics of modern geodetic instruments. Conducted two research methods parameters theodolite moves, which generally coincide with each other and with the instructions of surveying.

Key words: theodolite moves parameters: length moves lengths, permissible angular and absolute discrepancy.

Постановка проблеми. За наявного рівня розвитку геодезичного приладобудування найбільш розповсюджене кадастрове знімання електронними тахеометрами. Сучасні електронні тахеометри дозволяють вимірювати відстані до 1 км і більше, середні квадратичні помилки вимірювання відстаней рідко перевищують 5 мм, а кутів – 7", широко використовується у практиці кадастрових зйомок режим роботи тахеометра без відбивача. Використання можливостей сучасних геодезичних приладів під час виконання польових топографо-геодезичних робіт дозволяє підвищити точність і якість результатів кадастрових зйомок. При цьому існує проблема розроблення нормативної бази проведення кадастрових зйомок, яка б дозволила реалізувати ці можливості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз показує, що в нормативних документах по-різному регламентується використання сучасних електронних засобів вимірювань. Так, Інструкція [1] орієнтована на створення знімального обґрунтування тільки технічними теодолітами і мірними стрічками. Інструкція [2] допускає прокладання теодолітних ходів як оптичними теодолітами та стрічками, так і електронними тахеометрами.

Нам відомі дві публікації, в яких запропоновано методики визначення параметрів теодолітних ходів, це підручник [4] і стаття [3]. При цьому зазначимо, що в [2; 1; 4] вимоги до довжин ходів, кількість сторін є строго фіксованими. У методиці [3] є можливість варіювати довжинами ходів залежно від числа сторін ходу.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Проведення на належному рівні топографо-геодезичних, картографічних та землевпорядних робіт – основа ефективного управління земельними ресурсами та здійснення земельної реформи у країні. Механізм реалізації зазначених завдань визначено Законами України «Про державний земельний кадастр», «Про землеустрій», «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», Порядком проведення інвентаризації земель, Інструкцією з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) та ін.

З метою землевпорядної і кадастрової діяльності використовуються дані, отримані внаслідок безпосередніх лінійно-кутових вимірів на місцевості, які спираються, здебільшого, на точки теодолітних ходів. Тому актуальним є питання обґрунтування параметрів теодолітних ходів у разі використання сучасних геодезичних приладів, середні квадратичні похибки вимірювання кутів яких не перевищують $7''$, а довжин ліній – 5 м.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є розрахунок параметрів теодолітних ходів (довжин ходів, довжини сторін, допустимих кутових і абсолютних нев'язок), виходячи з технічних характеристик сучасних геодезичних приладів.

Викладення основного матеріалу. Відповідно до Порядку проведення інвентаризації земель [5] гранична похибка поворотних точок меж земельних ділянок відносно найближчих пунктів державної геодезичної мережі не повинна перевищувати:

- у м. Києві, Севастополі та містах обласного підпорядкування – 0,1 м;
- в інших містах та селищах – 0,2 м;
- у селах – 0,3 м;
- за межами населених пунктів – 0,5 м.

Середні квадратичні похибки положення поворотних точок будуть при цьому в 2 рази меншими. Середні квадратичні похибки положення межових знаків складаються з похибок положення точок теодолітного ходу та похибок координування межових знаків. Останніми похибками знехтуємо. Тоді дійдемо висновку, що середні квадратичні похибки положення точок теодолітних ходів не повинні перевищувати відповідно 0,05, 0,1, 0,15 та 0,25 м для територій, наведених вище.

Прийmemo ці дані як вихідні для обґрунтування параметрів теодолітних ходів: довжин ходів, довжин сторін, допустимих кутових і абсолютних нев'язок. При цьому, переважно, виходять з того, що хід є витягнутим, має при цьому рівні сторони та спирається на вихідні пункти і вихідні дирекційні кути. Середня квадратична похибка m_w кінцевої точки ходу обчислюється за формулою [3]

$$m_w^2 = m_Q^2 + m_L^2 = \left(\frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 L^2 \frac{n+3}{12} + m_d^2 n, \quad (1)$$

де m_Q – середня квадратична поперечна похибка ходу, що обчислюється за умови попереднього розподілу кутової нев'язки, m_L – середня квадратична поздовжня похибка ходу, m_d – середня квадратична похибка вимірювання довжин d сторін, n – число сторін у ході, m_β – середня квадратична помилка вимірювання кутів, L – довжина ходу, $L = dn$.

У підручнику [5] формулу (1) записано у вигляді

$$\left(\frac{m_w}{L} \right)^2 = \left(\frac{m_\beta}{\rho} \right)^2 \frac{n+3}{12} + \left(\frac{m_d}{d} \right)^2 \frac{1}{n}. \quad (2)$$

Для знаходження екстремального значення кількості сторін теодолітного ходу автори [4] диференціюють (2) по n , результат прирівнюють до нуля і в результаті приходять до висновку:

$$n = \frac{m_d}{d} \frac{\rho}{m_\beta} \sqrt{12}. \quad (3)$$

І далі з формули (2) знаходять L

$$L = \frac{m_w}{\sqrt{\left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \frac{n+3}{12} + \left(\frac{m_d}{d}\right)^2 \frac{1}{n}}}. \quad (4)$$

Прийнято вважати, що абсолютна нев'язка ходу до зрівнювання дорівнює подвоєній середній квадратичній похибці m_p положення точки ходу в слабкому місці ходу після зрівнювання.

Прийнявши $m_p = 0,05$ м, матимемо $m_w = 0,10$ м і при $m_\beta = 7''$, $m_d = 5$ мм (для мінімальної довжини сторони 20 м відносна помилка $\frac{m_d}{d} = \frac{1}{4000}$) й одержимо за формулою (3) $n = 25$, а за формулою (4) $L = 1,4$ км. Для інших значень m_p (0,1, 0,15 та 0,25 м) довжини ходу будуть пропорційно більшими. Вони наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Розрахунок параметрів теодолітних ходів за методикою професора Островського при $m_\beta = 7''$, $m_d = 0,005$ м

Середня квадратична похибка m_p положення точки теодолітного ходу, м	$n = 25$	
	Довжина ходу L , км	Середня довжина сторони d , км
0,05	1,4	0,06
0,10	2,8	0,11
0,15	4,2	0,17
0,25	6,9	0,28

У роботі [3], виходячи з формули (1), запропоновано обчислювати допустимі довжини ходів при різному числі сторін n або допустиме число сторін у ходах різної довжини. Формула обчислення довжини ходу має вигляд

$$L = \frac{\rho}{m_\beta} \sqrt{\frac{12(4m_p^2 - nm_d^2)}{(n+3)}}. \quad (5)$$

За формулою (5) під час використання для прокладання теодолітних ходів електронних тахеометрів з точністю вимірювання кутів $m_\beta = 7''$, довжин ліній $m_d = 5$ мм та приймаючи послідовно $m_p = 0,05, 0,10, 0,15, 0,25$ м, можна розрахувати допустимі довжини ходів. Результати обчислень наведено в табл. 2.

Абсолютна лінійна нев'язка ходу повинна бути менше $w_{\text{доп}} = 2 t_p m_p$.

Наведена формула дозволяє встановлювати обґрунтований допуск на абсолютну лінійну нев'язку теодолітного ходу. Так, при $m_p = 0,05$ м і довірчій ймовірності 0,96 маємо $t_p = 2,05$, $w_{\text{доп}} = 0,20$ м.

Допустиму кутову нев'язку ходу можна обчислити за формулою $f_B = t_p m_\beta \sqrt{n+1}$.

При $m_\beta = 7''$ будемо мати $f_B = 15'' \sqrt{n+1}$.

Таблиця 2

Розрахунок параметрів теодолітних ходів при різній кількості сторін (n)
 за заданою середньою квадратичною похибкою m_p положення

Середня квадратична похибка m_p положення точки теодолітного ходу, м	Середня квадратична похибка вимірювання кутів $m_\beta = 7''$									
	Середня квадратична похибка вимірювання довжин ліній $m_d = 0,005$ м									
	$n = 5$		$n = 10$		$n = 15$		$n = 20$		$n = 25$	
	Довжина ходу L , км	Середня довжина сторони d , км	Довжина ходу L , км	Середня довжина сторони d , км	Довжина ходу L , км	Середня довжина сторони d , км	Довжина ходу L , км	Середня довжина сторони d , км	Довжина ходу L , км	Середня довжина сторони d , км
0,05	3,6	0,7	2,8	0,3	2,4	0,15	2,1	0,1	1,9	0,07
0,10	7,2	1,4	5,6	0,6	4,8	0,3	4,2	0,2	3,8	0,15
0,15	10,8	2,2	8,5	0,8	7,2	0,5	6,4	0,3	5,8	0,23
0,25	18,0	3,6	14,1	1,4	12,0	0,8	10,6	0,5	9,6	0,39

Наведемо для порівняння інструктивні вимоги до параметрів теодолітних ходів під час проведення топографічного знімання у разі використання електронних тахеометрів (табл. 3 [5]) для масштабів 1:500 та 1:1000, тому що тільки для цих масштабів граничні похибки положення точок ходу під час топографічного знімання збігаються з граничними похибками поворотних точок меж земельних ділянок при кадастровому зніманні в містах та селищах.

Таблиця 3

Вимоги до параметрів теодолітних ходів відповідно до [2]

Масштаб знімання	Гранична похибка положення точки ходу, (0,2 мм у м-бі плану), м	Відносні похибки вимірювання ліній 1:2000		Граничні абсолютні лінійні помилки, м	Граничні кутові нев'язки, кут. сек
		Допустимі довжини ходів, км	Допустима кількість сторін		
1:500	0,1	2,0	20	0,3	$f_\beta = 20''\sqrt{n+1}$
1:1000	0,2	4,0	20	0,6	

Висновки і пропозиції. Проведені дослідження показують, що обчислені за різними методиками, наведеними в [3; 4], параметри теодолітних ходів (довжини ходів, довжини сторін, допустимі кутові й абсолютні нев'язки) у цілому збігаються між собою та з вимогами, наведеними в Інструкції [2]. Перевагою методики, викладеної в [3], є можливість збільшення довжин ходів у разі зменшення кількості сторін. Запропоновано закріпити розроблені параметри в нормативних документах Російської Федерації.

Список використаних джерел

1. *Инструкция* по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М. : Недра, 1985. – 160 с.
2. *Инструкция* з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 : ГКНТА – 2.04-02-98. – К. : Укргеоінформ; Гол. упр. геодез., картогр. та кадастру, 1999. – 155 с.
3. *Обоснование* точности и параметров кадастровой съёмки земельных участков урбанизированных территорий / М. Я. Брынь, П. А. Весёлкин, В. Н. Иванов и др. // *Записки горного института*. – СПб. : Изд-во Нац. минерально-сырьевого ун-та «Горный», 2013. – Т. 204. – С. 19–24.
4. *Островський А. Л.* Геодезія : підручник для вузів / А. Л. Островський, О. І. Мороз, В. Л. Тарнавський. – Л. : Видавництво «Львівська політехніка», 2007. – Ч. II. – 508 с.
5. *Порядок* проведення інвентаризації земель від 23 травня 2012 р. № 513 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/513-2012-%D0%BF>.