TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES
УДК 528.3
DOI: 10.25140/2411-5363-2018-2(12)-263-272

Сергій Крячок

ВИЗНАЧЕННЯ СТАЛОЇ ВІДДАЛЕМІРА ЕЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА В ЛІНІЙНО-КУТОВІЙ МЕРЕЖІ

Актуальність теми дослідження. *В Україні нині широко застосовуються новітні методи створення геодезичних мереж із використанням супутникових технологій. Актуальним залишається побудова полігонометричних мереж із використанням електронних тахеометрів.*

Постановка проблеми. *Для визначення відстаней, виміряних електронними тахеометрами, необхідно періодично визначати постійну поправку (сталу) віддалеміра електронного тахеометра.*

Аналіз останніх досліджень і публікацій. *Були розглянуті останні публікації у відкритому доступі, які присвячені висвітленню способів визначення сталої віддалемірів електронних тахеометрів.*

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. *Потребує подальшого розвитку розробка методик визначення сталої не як окремої вимірювальної процедури, а за результатами вимірювань у геодезичних мережах.*

Постановка завдання. *Необхідно розробити методику визначення сталої віддалеміра електронного тахеометра за даними вимірювань у лінійно-кутовій мережі у вигляді трикутника з відомою базисною стороною.*

Виклад основного матеріалу. *Розглянуто особливості методику визначення сталої віддалеміра електронного тахеометра за даними вимірювань у лінійно-кутовій мережі у вигляді трикутника з відомою базисною стороною, виміряними двома сторонами та виміряними щонайменше двома горизонтальними кутами. Виконано апробацію розробленої методики на конкретній лінійно-кутовій мережі з використанням електронного тахеометра Trimble 3305 та відбивача від електронного віддалеміра CT5 «Блеск».*

Висновки відповідно до статті. *Значення сталої дорівнює -44 мм, яке визначено із середньою квадратичною похибкою 4,7 мм. У результаті розрахунків встановлено, що точність визначення сталої за даними вимірів у наведеній лінійно-кутовій мережі в 1,9 раза вища за точність її визначення з використанням базисної відстані.*

Ключові слова*: геодезична мережа; стала електронного віддалеміра; точність вимірювання відстаней; електронний тахеометр.*

Рис.: 2. Табл.: 2. Бібл.: 12.

Актуальність теми дослідження. В Україні нині широко застосовуються нові методи створення геодезичних мереж на основі супутникових технологій [1; 2]. Однак на територіях населених пунктів із багатоповерховою забудовою, у лісистий місцевості застосування супутникових методів наштовхується на такі завади, як багатопроменевість поширення сигналу, недостатня кількість супутників для надійного визначення місцеположення приймача [3]. Тому застосування полігонометричного методу для створення опорних планових мереж не втратило свого значення.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку технологій геодезичного приладобудування значно підвищилась точність вимірювання відстаней із використанням електронних тахеометрів. Це є підґрунтям для підвищення точності визначення планового положення геодезичних пунктів, координати яких отримані полігонометричним методом. Тому поєднується застосування супутникових технологій та електронної полігонометрії [3; 4].

Для визначення відстаней, виміряних електронними тахеометрами, необхідно знати постійну поправку віддалеміра електронного тахеометра. Потреба в цьому виникає через незбіг осей обертання електронного віддалеміра й відбивача з випромінюючою поверхнею віддалеміра та відбивною поверхнею відбивача. Значення постійної поправки (далі – стала) можна знайти в паспорті електронного тахеометра або інтернет-джерелах. Для отримання надійного її значення, краще визначити величину поправки [5]. Особливо це стосується випадку, коли використовується відбивач від іншого типу електронного віддалеміра чи тахеометра.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існують різні способи визначення сталої електронного віддалеміра [6; 7; 8; 9]. Характерною їхньою особливістю є те, що вони реалізуються як самостійна процедура. У патенті на корисну модель [10] визначення сталої виконується за результатами вимірювань, необхідних для вирішення іншої задачі – визначення планових координат *X, Y* геодезичного пункту під час прив'язки до стінних знаків. Ці ж вимірювання є достатніми і для визначення сталої. Геодезичну мережу у вигляді три-

© Крячок С. Д., 2018

кутника, яка виникає під час прив'язки до стінних знаків, можна назвати лінійно-кутовою, оскільки вимірюються дві сторони трикутника та горизонтальний кут між ними.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Визначення сталої віддаленіра, який вбудовано в електронний тахеометр, за даними вимірювань у лінійно-кутовій мережі для визначення координат її пунктів, виключаючи безпосереднє її визначення у вигляді окремої вимірювальної процедури, потребує подальшого розвитку.

Мета статі. Головною метою цієї роботи є розробка методики визначення сталої віддаленіра електронного тахеометра за даними вимірювань у лінійно-кутовій мережі у вигляді трикутника з відомою базисною стороною, виміряними двома сторонами та виміряними щонайменше двома горизонтальними кутами.

Виклад основного матеріалу. На рис. 1 наведено схему, яка дозволяє однозначно визначити сталу в згаданій вище лінійно-кутовій мережі.

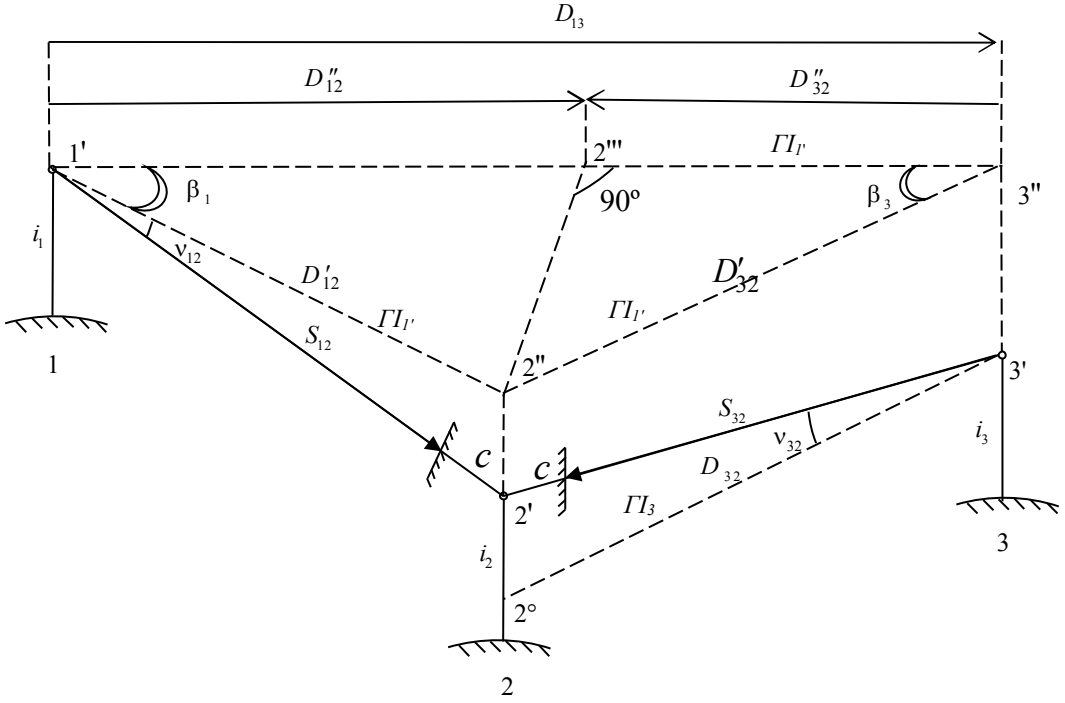

Рис. 1. До визначення сталої віддаленіра електронного тахеометра в лінійно-кутовій мережі

На рис. 1 i_1, i_2, i_3 – висоти інструментів. На станції 1 вимірюється горизонтальний кут β_1, у напрямку на візирні марки, встановлені на пунктах 2 та 3, кут нахилу ν_{12} в напрямку на пункт 2 та похилу відстань S_{12} – на відбивач, встановлений на пункті 2. На пункті 3 вимірюється: горизонтальний кут β_3 – на візирні марки пунктів 1 та 2; кут нахилу ν_{32} – на відбивач пункту 2 та похила відстань S_{32} . Кожна з виміряних відстаней містить сталу c. Тому виправлені відстані дорівнюють

$$S''_{ij} = S_{ij} + c\,. \tag{1}$$

За неможливості виміряти кут β_3 (наприклад, пункт 3 є стінним знаком) вимірюється горизонтальний кут на пункті 2 - β_2 в напрямку на візирні марки пункті 1 та 3, відстань S_{23}, кут нахилу ν_{23}, а кут β_3 обчислюється за відомою формулою

$$\beta_3 = 180^0 - (\beta_1 + \beta_2)\,. \tag{2}$$

Зрозуміло, що $S_{32}=S_{23}$, $\nu_{32}=-\nu_{23}$.

Горизонтальна площина (рис. 1) проходить через токи 1' 2" 3" та горизонт інструменту *ГІ1*. Якщо спроектувати виправлені сторони на вказану горизонтальну площину, то горизонтальні прокладення виправлених сторін дорівнюють

$$D'_{12}=(S_{12}+c)\cos\nu_{12}=S_{12}\cos\nu_{12}+c\cdot\cos\nu_{12}, \tag{3}$$

$$D'_{32}=(S_{32}+c)\cos\nu_{32}=S_{32}\cos\nu_{32}+c\cdot\cos\nu_{32}. \tag{4}$$

Далі горизонтальні прокладення *D'12* та *D'32* проектуються на сторону 1'-3", яка дорівнює *D13*

$$D'_{12}\cos\beta_1+D'_{32}\cos\beta_3=D''_{12}+D''_{32}=D_{13}. \tag{5}$$

Підстановка формул (3) та (4) у формулу (5) дозволяє визначити сталу

$$c=\frac{D_{13}-S_{12}\cos\nu_{12}\cos\beta_1-S_{32}\cos\nu_{32}\cos\beta_3}{\cos\nu_{12}\cos\beta_1+\cos\nu_{32}\cos\beta_3}. \tag{6}$$

Якщо електронний тахеометр працює в режимі вимірювання горизонтальних прокладень D_{ij} та перевищень h_{ij}, то позначивши

$$D_{ij}=S_{ij}\cos\nu_{ij}, \tag{7}$$

$$h_{ij}=S_{ij}\sin\nu_{ij}, \tag{8}$$

та враховуючи

$$S_{ij}=\sqrt{{D_{ij}}^2+{h_{ij}}^2}, \tag{9}$$

сталу можна обчислити за такою формулою

$$c=\frac{D_{13}-D_{12}\cos\beta_1-D_{32}\cos\beta_3}{\frac{D_{12}}{\sqrt{{D_{12}}^2+h^2_{12}}}\cos\beta_1+\frac{D_{32}}{\sqrt{{D_{32}}^2+h^2_{32}}}\cos\beta_3}. \tag{10}$$

Для обчислення точності визначення сталої у наведеній лінійно-кутовій мережі, необхідно продиференціювати формулу (6) за окремими незалежними аргументами та перейти до їх середніх квадратичних похибок (СКП). Отже, СКП визначення сталої дорівнює

$$m_c^2=\frac{1}{a^2}\left[m^2_{D_{13}}+\left(\frac{D^{\times}_{12}}{S_{12}}\right)^2 m^2_{S_{12}}+\left(\frac{D^{\times}_{32}}{S_{32}}\right)^2 m^2_{S_{32}}+2\Delta^2\frac{m^2_\beta}{\rho^2}+(h^2_{12}\cos^2\beta_1+h^2_{32}\cos^2\beta_3)\frac{m^2_\nu}{\rho^2}\right], \tag{11}$$

де

$$a=\cos\nu_{12}\cos\beta_1+\cos\nu_{32}\cos\beta_3, \tag{12}$$

$$D^{\times}_{12}=S_{12}\cos\nu_{12}\cos\beta_1, \tag{13}$$

$$D^{\times}_{32}=S_{32}\cos\nu_{32}\cos\beta_3, \tag{14}$$

$$\Delta=S_{12}\cos\nu_{12}\cos\beta_1\approx S_{32}\cos\nu_{32}\cos\beta_3, \tag{15}$$

$m_{S_{12}}, m_{S_{32}}, m_\beta, m_\nu$ – СКП вимірювання відстаней *S12, S32,* горизонтальних кутів β_i та кутів нахилу ν_i електронним тахеометром у цій лінійно-кутовій мережі, значення *h12* та *h32* обчислюються за формулою (8), $m_{D_{13}}$ – СКП визначення базисної лінії *D13*.

Для випадку роботи електронного тахеометра в режимі вимірювань горизонтальних прокладень D_{ij} та перевищень h_{ij}, формули (11)–(15) набудуть такого вигляду

$$m_c^2 = \frac{1}{b^2}\left[m_{D_{13}}^2 + \frac{(D^{\times}{}_{12})^2}{D_{12}^2 + h_{12}^2} m_{S_{12}}^2 + \frac{(D^{\times}{}_{32})}{D_{32}^2 + h_{32}^2} m_{S_{32}}^2 + 2\Delta^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2} + (h_{12}^2 \cos^2\beta_1 + h_{32}^2 \cos^2\beta_3)\frac{m_\nu^2}{\rho^2} \right], \quad (16)$$

де

$$b = \frac{D_{12}}{\sqrt{D_{12}^2 + h_{12}^2}} \cos\beta_1 + \frac{D_{32}}{\sqrt{D_{32}^2 + h_{32}^2}} \cos\beta_3, \quad (17)$$

$$D^{\times}{}_{12} = D_{12}\cos\beta_1, \quad (18)$$

$$D^{\times}{}_{32} = D_{32}\cos\beta_3, \quad (19)$$

$$\Delta = D_{12}\cos\beta_1 \approx D_{32}\cos\beta_3. \quad (20)$$

Для практичної апробації розробленого способу визначення сталої була використана лінійно-кутова мережа, яка наведена на рис. 2.

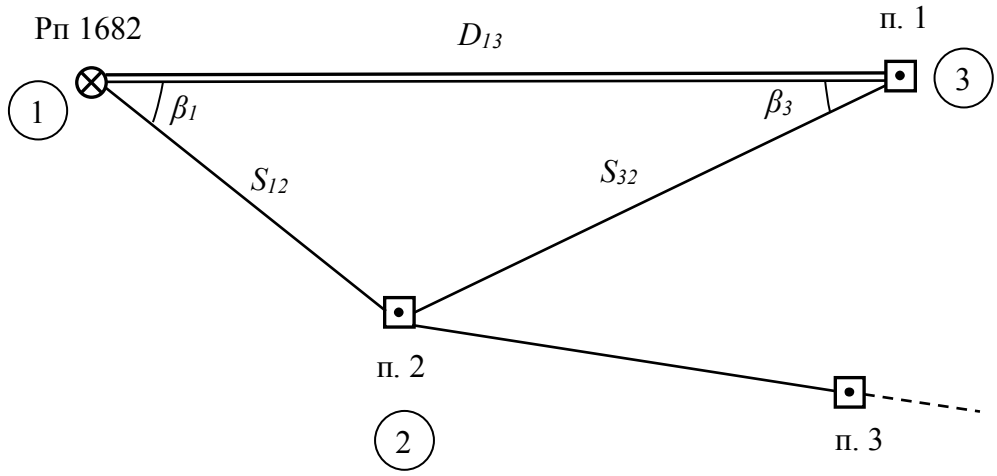

Рис. 2. Схема прив'язки полігонометричного ходу

Вихідним пунктом був репер міської геодезичної мережі міста Чернігова за № 1682 поблизу міської лікарні № 2 та пункт п. 1, на який було передано планові координати від подвійного стінного знаку за № 4787, що закладено в капітальну споруду їдальні, яка розташована за розвилкою доріг у напрямку на Олександрівку та Генерала Бєлова. У лінійно-кутовій мережі були виміряні з використанням тахеометра Trimble 3305 та візирної марки–відбивача від електронного тахеометра СТ5 «Блеск»: горизонтальні кути β_1 та β_3; похилі відстані S_{12}, S_{32}; кути нахилу ν_{12}, ν_{32}. Значення координат вихідних пунктів, виміряних відстаней та кутів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Значення вихідних даних лінійно-кутової мережі

$X_{Рп\ 1682}$	7176,768 м
$Y_{Рп\ 1682}$	4594, 250 м
$X_{П1}$	7340,728 м
$Y_{П1}$	4664,629 м
S_{12}	78,7507 м
S_{32}	103,6640 м
ν_{12}	+0º20'46"
ν_{32}	-0º52'30"
β_1	13º43'34"
β_3	10º23'14"

Центрування приладів виконувалось оптичними висками. Вимірювання в мережі виконувались за триштативною системою за непорушних штативів, відцентрованих над пунктами мережі.

Виконувалась прив'язка до вихідних пунктів - Рп 1682 та п. 1 полігонометричного ходу: п. 1, п. 2, п. 3, … , який належав полігонометрії другого розряду. Згідно з інструкцією [11] найменша сторона полігонометричного ходу другого розряду не повинна бути меншою за 80 м. Оскільки виміряна сторона ходу S_{12} = 78,7507 м (табл. 1) менша допустимої, то для підвищення точності прив'язки полігонометричного ходу була й побудована ця лінійно-кутова мережа.

Електронний тахеометр Trimble 3305 має точність вимірювання горизонтальних кутів одним прийомом 5". Тому згідно з інструкцією [11] кути вимірювались двома прийомами. Точність (СКП) вимірювання відстаней за допомогою тахеометра Trimble 3305 DR становить

$$m_S = 2мм + 2мм \cdot S_{км}, \tag{21}$$

де $S_{км}$ – виміряна відстань у кілометрах.

Вимірювання кожної відстані виконувалось на станції тричі та визначалось середнє значення. Вимірювання відстані виконувалось у прямому та зворотному напрямках та визначалось середнє значення.

Для обчислення сталої доцільно формулу (6) перетворити таким чином. Позначити:

$$a_{12} = \cos\nu_{12}\cos\beta_1, \tag{22}$$

$$a_{32} = \cos\nu_{32}\cos\beta_3, \tag{23}$$

$$A = \frac{1}{a_{12} + a_{32}}, \tag{24}$$

$$B = \frac{a_{12}}{a_{12} + a_{32}}, \tag{25}$$

$$C = \frac{a_{32}}{a_{12} + a_{32}}. \tag{26}$$

Тоді формула (6) прийме вигляд, який зручний для обчислення

$$c = A \cdot D_{13} - B \cdot S_{12} - C \cdot S_{32}. \tag{27}$$

Довжина базису D_{13} між вихідними пунктами обчислена за формулою

$$D_{13} = \sqrt{(X_{Pn} - X_{П.1})^2 + (Y_{Pn} - Y_{П.1})^2}. \tag{28}$$

У табл. 2 наведені значення елементів формули (27), значення сталої c та виправлені значення виміряних ліній S'_{12} та S'_{32}, отримані за формулою (1) для $c = -13,7$ мм.

Таблиця 2

Результати обчислення сталої та її СКП

Позначення	Значення
1	2
a_{12}	0,971423361
a_{32}	0,983497006
$a_{12} + a_{32}$	1,954920367
A	0,511529787
B	0,496911985
C	0,503088014
D_{13}	178,4267 м
S_{12}	78,7507 м
S_{32}	103,6640 м

Закінчення табл. 2

1	2
c	- 13,71 мм
S'_{12}	78,737 мм
S'_{32}	103, 650 мм
B'	0,016413356 мм^2
C'	6, 16·10^{-5} мм^2
$m_{S_{12}}/\sqrt{6}$	0,88080
$m_{S_{32}}/\sqrt{6}$	0,90113
m_β	5"
m_v	5"
$m_{D_{13}}$	9,142 мм
$m_{Ц,Р}$	0,5 мм
m_c	4,79 мм

На тахеометрі перед початком вимірювань було встановлено значення сталої – 30 мм, яке автоматично вводилось у виміряні лінії S_{ij}. Тому кінцевим значенням сталої електронного тахеометра Trimble 3305 DR у парі з відбивачем від електронного віддаленіра СТ-5 «Блеск» є величина c' = -13,71 мм + (-30 мм) = -43,7 мм.

Для зручності обчислення СКП визначення сталої можна позначити

$$B' = 2\Delta^2 = 2(S_{12}\cos\nu_{12}\sin\beta_1)^2, \quad (29)$$

$$C' = h_{12}^2\cos^2\beta_1 + h_{32}^2\cos^2\beta_3 = (S_{12}\sin\nu_{12}\cos\beta_1)^2 + (S_{32}\sin\nu_{32}\cos\beta_3)^2. \quad (30)$$

Тоді формула (11) набуде вигляду

$$m_c = A\sqrt{m_{D_{13}}^2 + a_{12}^2 m_{S_{12}}^2 + a_{32}^2 m_{S_{32}}^2 + B'm_\beta^2 + C'm_\nu^2 + 2m_{Ц,Р}^2}, \quad (31)$$

де $m_{Ц,Р}$ – СКП центрування та редукції електронного тахеометра та візирної марки з відбивачем над кінцями базисної лінії.

Необхідно визначитись із СКП базисної відстані $m_{D_{13}}$. Точність прив'язки п. 1 до стінних знаків не визначалась. Однак при закладці стінних знаків СКП передачі координат з робочих центрів на стінні знаки не повинна перевищувати 2 мм [12]. Можна вважати, що СКП передачі координат від стінних знаків на п. 1 не повинна перевищувати тих же 2 мм – за умови збереження тих самих технологічних вимог під час вимірювань та розрахунків.

Вихідний репер Рп 1682 та стінні знаки належать до першого розряду полігонометрії. Згідно з [11] гранична похибка взаємного положення пунктів полігонометрії першого розряду дорівнює 1/10000. Переходячи до СКП з довірчою ймовірністю 0,95, можна визначити граничну СКП взаємного положення репера Рп 1682 та стінного знаку, яка дорівнює $m_1 = S_{13}/20000 = 17842/20000 = 8{,}921$ мм. Тоді СКП взаємного положення репера Рп 1682 та п. 1, що утворюють кінці лінії D_{13}, становитиме $m_{D_{13}} = \sqrt{(8{,}921)^2 + (2)^2} = 9{,}142$ мм.

СКП центрування та редукції електронного тахеометра та відбивача-візирної марки над кінцями базисної лінії, утвореної Рп 1682 та п. 1, можна прийняти рівною $m_{Ц,Р} = 0{,}5$ мм [12].

У підсумку можна обчислити значення коефіцієнтів за формулами (29) та (30), визначити СКП сталої за формулою (31). Результати обчислень наведені в табл. 2.

У результаті обчислень встановлено, що для рівнинної місцевості формула (16) може не містити останнього доданку, а формула (31) – передостаннього доданку, яким визначається вплив точності визначення кутів нахилу виміряних відстаней на СКП визначення сталої.

У загальному випадку СКП вимірювання відстані m'_S, з урахуванням СКП визначення сталої m_c, визначається за формулою

$$m'_S = \sqrt{m_c^2 + m_S^2}\ . \tag{32}$$

Тоді максимальна допустима відстань між пунктами полігонометрії другого розряду 500 м буде виміряна електронним тахеометром Trimble 3305 DR у комплекті з відбивачем від світловіддалеміра СТ5 «Блеск» з урахуванням формул (32) та (21) з СКП $m'_S = 5{,}6$ мм. Згідно з нормативними вимогами [11] СКП вимірювання відстаней до 500 м не повинно перевищувати 10 мм, а відстань у 500 м – з СКП 20 мм. Таким чином, похибка визначення сталої хоча й погіршує в підсумку точність вимірювання відстані електронним тахеометром Trimble 3305 DR, та все ж відповідає нормативним вимогам.

Визначити сталу можна було б з використанням базисної відстані D_{13}, виконавши її відмірювання S_{13} електронним тахеометром, як це виконується в класичній методиці [5; 7]. Тоді стала визначилась за формулою

$$c = D_{13} - S_{13}\cos\nu_{13}, \tag{33}$$

а СКП визначення сталої у цьому випадку після диференціювання формули (33) та з урахуванням формули (7) дорівнювала б

$$m'_c = \sqrt{m_{D_{13}}^2 + \frac{D_{13}^2}{S_{13}^2} m_{S_{13}}^2 + h_{13}^2 \frac{m_{\nu_{13}}^2}{\rho^2} + 2m_{Ц,P}^2}\ . \tag{34}$$

Для рівнинної місцевості, через незначне h_{13} та значну величину $\rho = 20626\ 5''$, можна знехтувати третім доданком формули (34) та з урахуванням у цьому випадку $D_{13} \approx S_{13}$ можна записати

$$m'_c = \sqrt{m_{D_{13}}^2 + m_{S_{13}}^2 + 2m_{Ц,P}^2}\ . \tag{35}$$

Для значень $m_{D_{13}} = 9{,}142$ мм (табл. 2) та $m_{S_{13}} = 2{,}356$ мм, обчисленого за формулою (21) та врахуванням шести прийомів можливого її вимірювання $m_{S_{13}} \big/ \sqrt{6} = 0{,}9618$ мм, за формулою (35) $m'_c = 9{,}2$ мм. Порівняння цього значення зі значенням СКП визначення сталої за вимірами в лінійно-кутовій мережі $m_c = 4{,}8$ мм (табл. 2) дає змогу зробити висновок, що точність сталої електронного тахеометра в останньому випадку в 1,9 раза точніше за її визначення на базисній лінії лінійно-кутової мережі.

Висновки відповідно до статті. Розроблено методику визначення сталої віддаленіра електронного тахеометра за даними вимірювань у лінійно-кутовій мережі у вигляді трикутника з відомою базисною стороною, виміряними двома сторонами та виміряними щонайменше двома кутами. Виконано апробацію розробленої методики з використанням вимірів у конкретній лінійно-кутовій мережі з використанням електронного тахеометра Trimble 3305 та відбивача від електронного віддаленіра СТ5 «Блеск». Значення сталої дорівнює -44 мм, яке визначено з СКП 4,7 мм. У результаті розрахунків встановлено, що точність визначення сталої за даними вимірів у наведеній лінійно-кутовій мережі в 1,9 раза вища за точність визначення сталої на базисній відстані цієї ж мережі.

Список використаних джерел

1. *Терещук О.* Ефективність застосування супутникових технологій під час виконання земельно-кадастрових робіт у населених пунктах / О. Терещук, І. Нисторяк // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Львів, 2016. – Вип. 84. – С. 90–98.

2. *Практичні* дослідження точності визначення координат за супутниковими технологіями у реальному часі / Р. В. Шульц, О. І. Терещук, А. О. Анненков, І. О. Нисторяк // Інженерна геодезія. – 2014. – № 61. – С. 58–77.

3. *Бурачек В. Г.* Сумісне використання GPS-технологій та електронної тахеометрії для визначення координат точок опорної мережі / В. Г. Бурачек, І. О. Нисторяк // Наукові аспекти геодезії, землеустрою та інформаційних технологій: II наук.-практ. конф. – К. : НАУ, 2013. – С. 70–75.

4. Терещук О. І. Відновлення міських полігонометричних мереж сучасними супутниковими технологіями / О. І. Терещук, І. О. Нисторяк, Р. В. Шульц // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2015. – Вип. 82. – С. 59–72.

5. Сборник инструкций по производству поверок геодеческих приборов / Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – М. : Недра, 1988. – 77 с.

6. *Ворошилов А. П.* Определение постоянной поправки дальномера електронного тахеометра / А. П. Ворошилов // Геопрофи. – 2005. – № 4. – С. 46–47.

7. *Ковалев С. В.* Основы диагностики и ремонта электронных тахеометров / С. В. Ковальов // Геопрофи. – 2004. – № 5. – С. 58–60.

8. *Никонов А. В.* К вопросу об определении постоянной поправки дальномера электронного тахеометра / А. В. Никонов, И. Н. Чешева, Г. В. Лифашина // Вестник СГУГиТ. – 2015. – № 1 (29). – С. 54–61.

9. Крячок С. Д. Удосконалення безбазисного створного способу визначення сталої електронного віддалеміра / С. Д. Крячок // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2016. – № 1 (3). – С. 130–139.

10. *Патент. 124821 Україна.* МПК (2018.01), G01C 3/00, G01B 7/00, G01B 11/00. Спосіб визначення сталої віддалеміра електронного тахнометра / Крячок С. Д., Мамонтова Л. С., Беленок В. Ю., Горлова Г. М. – № u 2017 10698 ; заявл. 03.11.2017 ; опубл. 25.04.2018, Бюл. № 8.

11. *Інструкція* з топографічного знімання у масштабах 1:5000 - 1:500. ГКНТА-2.04-02-98. – К. : ГУГК та К, 1998. – 155 с.

12. *Тревого И. С*. Городская полигонометрия / И. С. Тревого, П. М. Шевчук. – М. : Недра. 1986. – 199 с.

References

1. Tereshchuk, O. & Nystoriak, I. (2016). Efektyvnist zastosuvannia suputnykovykh tekhnolohii pid chas vykonannia zemelno-kadastrovykh robit u naselenykh punktakh [Efficiency of application of satellite technology when performing land cadastral works in settlenets]. *Heodeziia, kartohrafiia ta aerofotoznimannia – Geodesy, cartography and aerial photography*, *84*, 90–98 [in Ukrainian]

2. Shults, R. V., Tereshchuk, O. I., Annenkov, I. O., & Nystoriak, I. O. (2014). Praktychni doslidzhennia tochnosti vyznachennia koordynat za suputnykovymy tekhnolohiiamy v realnomu chasi [Practical studies of the accuracy of coordinates by satellite technology in real time]. *Inzhenerna heodeziia – Engineering geodesy, 61*, 58–77 [in Ukrainian].

3. Burachek, V. H. & Nistoryak, I. O. (2013). Sumisne vykorystannia GPS-tekhnolohii ta elektronnoi takheometrii dlia vyznachennia koordynat tochok opornoi merezhi [Compatible use of GPS technology and electronic tacheometry to determine the coordinates of the points of the reference network]. *Proceedings from* II naukovo-praktychna konferentsiia «Naukovi aspekty heodeziyi, zemleustroyu ta informatsiynykh tekhnolohiy» - Conference proceedings of the 2nd scientific and practical conference “Scientific aspects of geodesy, land management and information technologies” (pp. 70–75). Kyiv: NAU [in Ukrainian].

4. Tereshchuk, O. I., Nystoriak, I. O. & Shults, R. V. (2015). Vidnovlennya miskykh polihonometrychnykh merezh suchasnymy suputnykovymy tekhnolohiyamy [Reconstruction of urban polygonometric networks with modern satellite technologies]. *Heodeziia, kartohrafiia ta aerofotoznimannia – Geodesy, cartography and aerial photography, 82,* 59-72 [in Ukrainian].

5. *Sbornik instruktsiy po proizvodstvu poverok geodetsiy priborov. Glavnoye upravleniye geodezii i kartografii pri Sovete Ministrov SSSR [Collection of instructions for the production of checks of geo-*

detic instruments. Main Department of Geodesy and Cartography under the Council of Ministers of the USSR] (1988). Moscow: Nedra [in Russian].

6. Voroshylov, A. P. (2005). Opredelenie postoiannoi popravki dalnomera elektronnogo takheometra [Determination of the constant correction of the distance meter of the electronic station]. *Heoprofi – GeoProfi, 4*, 46–47 [in Russian].

7. Kovalev, S. V. (2004). Osnovy diagnostiki i remonta elektronnykh takheometrov [Fundamentals of diagnostics and repair of electronic tacheometers]. *Heoprofi – GeoProfi, 5,* 58-60 [in Russian].

8. Nikonov, A. V., Chesheva, I. N., Lifashina, G. V. (2015) K voprosu ob opredelenii postoyannoy popravki dalnomera elektronnogo takheometra [On the question of determining the constant correction of the range meter of an electronic total station]. *Vestnik SGUGiT – Newsletter of SGUGiT, 1,* 54-61 [in Ukrainian].

9. Kryachok, S. D. (2016). Udoskonalennia bezbazisnoho stvornoho sposobu obrazovaniia staloi elektronnoho vyddalemira [Improvement of the baseless method of creating a permanent electronic distance meter]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriia "Tekhnichni nauky" – Bulletin of the Chernihiv State Technological University. Series "Technical Sciences", 1* (3), 130–139 [in Ukrainian].

10. Kryachok, S. D., Mamontova, L. S., Belenok V. Yu., Horlova H. M. (2018). Sposib vyznachennia staloi viddalemira elektronnoho takheometra [A method for determining the remote distance meter of an electronic station]. Patent Ukrainian No. №124821 [in Ukrainain].

11. Instruktsiia z topohrafichnoho znimannia v masshtabi 1:5000.-1:500. HKNTA-2.04-02-98 [Instructions for topographical scans on a scale of 1:5000-1:500. GKNTA-2.04-02-98] (1992). Kyiv: HUHK ta K [in Ukrainian].

12. Trevogo, I. S. & Shevchuk, P.M. (1986). *Gorodskaia poligonometriia [City polygonometry]*. Moskva: Nedra [in Russia].

UDC 528.3

Serhiy Kryachok

DETERMINATION OF A CONSTANT CORRECTION OF RANGEFINDER OF ELECTRONIC TOTAL STATION IN LINEAR-ANGLED NETWORK

Urgency of the research. *In Ukraine, new methods of creating geodetic networks based on satellite technology is currently widely used. However, with the development of accurate surveying instrument has not lost relevance polygon method using electronic total stations.*

Target setting. *To determine the distances measured by electronic tacheometer, it is necessary to periodically determine the constant correction of the distance meter of the electronic tacheometer.*

Actual scientific researches and issues analysis. *The latest open access publications were devoted to highlighting the ways to determine the constant correction of the distance meter of the electronic tacheometer.*

Uninvestigated parts of general matters defining, *The further development of the methods for determining the constant correction is not required as a separate measurement procedure, but as a result of measurements in geodetic networks.*

The research objective. *It is necessary to develop a methodology for determining the constant correction of the distance meter of the electronic tacheometer according to the measurements in a linear-angled network in the form of a triangle with a known basis.*

The statement of basic materials. *The peculiarities of the method of determination of the constant correction of the distance meter of the electronic tacheometer according to the measurements data in a linear-angled network in the form of a triangle with a known basis measured by two sides and measured at least two horizontal angles are considered. Approbation of the developed method on a specific linear-angled network was carried out using the Trimble 3305 electronic tacheometer and the reflector from the electronic distance meter ST5 "Gloss".*

Conclusions. *The value of the constant correction equals - 44 mm, which is defined with an average square error of 4.7 mm. As a result of the calculations, it was found that the accuracy of the determination of the constant correction according to the measurements in the given linear-angled network is 1.9 times higher than the accuracy of its determination using the base.*

Keywords: *geodetic network; constant correction of electronic distance meter; accuracy of distance measurement; electronic total station.*

Fig.: 2. Table: 2. References: 12.

УДК 528.3

Сергей Крячок

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ ПОПРАВКИ ДАЛЬНОМЕРА ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА В ЛИНЕЙНО-УГЛОВОЙ СЕТИ

Актуальность темы исследования. *В Украине широко применяются новейшие методы создания геодезических сетей с использованием спутниковых технологий. Актуальным остается построение полигонометрического сетей с использованием электронных тахеометров.*

Постановка проблемы. *Для определения расстояний, измеренных электронными тахеометрами, необходимо периодически определять постоянную поправку дальномера электронного тахеометра.*

Анализ последних исследований и публикаций*. Были рассмотрены последние публикации в открытом доступе, посвященные освещению способов определения постоянной поправки дальномеров электронных тахеометров.*

Выделение неисследованных частей общей проблемы*. Требует дальнейшего развития разработка методик определения постоянной поправки не как отдельной измерительной процедуры, а по результатам измерений в геодезических сетях.*

Постановка задачи. *Необходимо разработать методику определения постоянной поправки дальномера электронного тахеометра по данным измерений в линейно-угловой сети в виде треугольника с известной базисной стороной.*

Изложение основного материала. *Рассмотрены особенности методику определения постоянной поправки дальномера электронного тахеометра по данным измерений в линейно-угловой сети в виде треугольника с известной базисной стороной, измеренным двумя сторонами и измеренным по меньшей мере двумя горизонтальными углами. Выполнена апробация разработанной методики на конкретном линейно-угловой сети с использованием электронного тахеометра Trimble 3305 и отражателя от электронного дальномера Ст5 «Блеск».*

Выводы в соответствии со статьей*. Значение постоянной поправки равно -44 мм и определено со средней квадратичной погрешностью 4,7 мм. В результате расчетов установлено, что точность определения постоянной поправки по данным измерений в приведенной линейно-угловой сети в 1,9 раза выше точность ее определения с использованием базисной стороны.*

Ключевые слова*: геодезическая сеть; постоянная поправка электронного дальномера; точность измерения расстояний; электронный тахеометр.*

Рис.: 2. Табл.: 2. Библ.: 12.

Крячок Сергій Дмитрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Крячок Сергей Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

Kryachok Serhiy – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of geodesy, cartography and land management, Chernihiv national University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: geodesist2015@gmail.com

ORCID: http://orcid.org/0000-0001-5633-1501

ResearcherID: N-3070-2016

Крячок С. Визначення сталої віддаленіра електронного тахеометра в лінійно-кутовій мережі / С. Крячок // Технічні науки та технології. – 2018. – № 2 (12). – С. 263-272.