



ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЬНИХ МАРОК ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ЗМІЩЕННЯМИ НАДЗЕМНИХ ПЕРЕХОДІВ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

Обоснован выбор формы и размера визирной марки для наблюдения за перемещениями надземных переходов магистральных газопроводов. Приведены формулы для расчета размеров марки для визирования на различных расстояниях.

The choice of form and size of sighting marks for monitoring the movements of pipelines air passages is grounded in the paper. The formulas for calculating the size of a target for aligning at different distances are described.

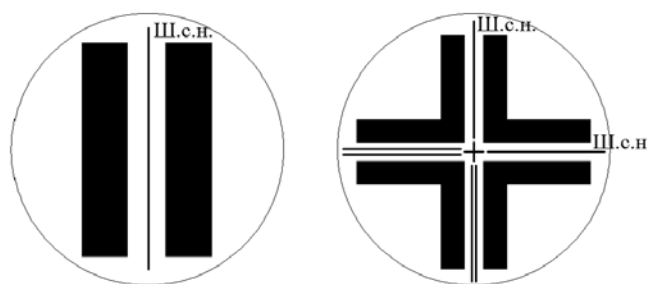
Постановка проблеми. Під час спостережень за просторовим положенням надземного переходу газопроводу користуються контрольними (деформаційними) марками, закріпленими на поверхні труби. За їх зміщеннями можна судити про деформацію осі трубопроводу. Для моніторингу цього явища використовують електронні тахеометри. Вони мають кілька переваг. Однією з них є оперативність отримання даних при наведенні на контрольні точки у безрефлекторному режимі роботи. До того ж немає необхідності встановлювати призмові відбивачі на поверхню газопроводу, а спостерігачеві переміщуватись по трубі, адже це часто може бути дуже небезпечно.

Діапазон безрефлекторного режиму роботи електронного тахеометра напряму залежить від властивостей поверхні, на яку ведеться спостереження. Такими властивостями є колір поверхні труби, її текстура, а також кут падіння променів на цю поверхню. Роботу тахеометра у безрефлекторному режимі при наведенні на трубу описано в праці [4].

Практика доводить, що наведення на контрольну марку під гострим кутом до поверхні труби обмежує діапазон роботи приладу в безрефлекторному режимі. Це викликане тим, що марка чорного кольору у формі перехрестя виглядає дуже контрастно для спостерігача, вона має гірші відбивні властивості, ніж сама поверхня труби. Тому доцільно застосовувати такі контрольні марки, форма яких не обмежує діапазон роботи приладу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, дотичних до вирішення проблеми. Для вирішення поставленої задачі з вибору виду контрольної марки було проведено аналіз усіх візирних марок, що використовуються для моніторингу та монтажу обладнання. Форми і конструкції марок надзвичайно різноманітні, це залежить від призначення та умов їх використання [2]. Як візирні марки використовують штрихи, бісектори, концентричні кола, ромби, клини, перехрестя. Для контрастності зображення марки наносять чорним кольором на білому або жовтому фоні.

Відомо, що найвищу точність наведення забезпечують марки типу бісектора (мал. 1) [1]. Це пояснюється тим, що зображення лінії, на відміну від зображення точки, легше розпізнається оком людини (ноніальна гострота зору) [3].



Мал. 1. Форми марок з бісектором

Невирішені частини загальної проблеми. Наведення на контрольні марки під гострим кутом до поверхні трубопроводу створює певні труднощі не лише для геодезичних приладів, а й для виконавця спостережень. Складність полягає у чіткості візування сітки ниток зорової труби в центрі марки. Актуальним завданням є вибір форми марки, яка дасть змогу виконувати візування з високою точністю і під гострим кутом. Необхідно дослідити, як змінюється точність наведення зі зміною кута візування, а також, як цю точність підвищити.

Постановка завдання. Метою дослідження був вибір виду контрольної марки, яка б не обмежувала дію безрефлекторного тахеометра, розрахунок розмірів марки для різних довжин візирних променів і встановлення точності наведення на марки при різних відстанях та кутах візування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Похибкою наведення називається неточне встановлення вертикальної нитки чи сітки бісектора на зображення предмета. Вона залежить від роздільної здатності ока спостерігача, збільшення зорової труби, виду сітки ниток, форми і розміру об'єкта візування, загальних умов видимості.

Якщо прийняти, що наведення виконує спостерігач із середньою роздільною здатністю ока одним геодезичним приладом (збільшення зорової труби електронного тахеометра 26^х, сітка ниток одного виду) і при задовільних умовах видимості, то підвищити точність наведення можна, правильно підібравши форму й розмір марки.

Форма марки. Ділянка надземного трубопроводу L , яку було досліджено безрефлекторним електронним тахеометром, характеризується горизонтальним граничним кутом $\beta_{\text{гран}}$. Тахеометр приймає відбитий сигнал від поверхні газопроводу (мал. 2).

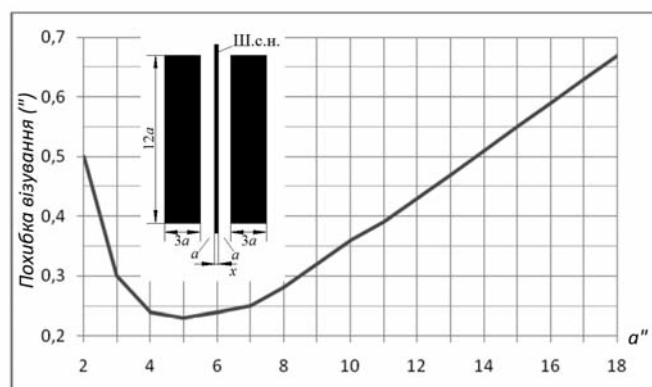


Мал. 2. Досліджувана ділянка трубопроводу в межах граничного кута

Практикою встановлено, що значення граничного кута залежить від кольору і текстури поверхні труби. Наведення на центр контрольної марки у формі перехрестя чорного кольору обмежує величину граничного кута, тому виникає необхідність застосування візирної марки, центр якої не зафарбований.

На думку авторів, марка у формі бісектора задовольняє вищевказані вимоги. Вона забезпечує найвищу точність наведення, а незафарбований центр марки не впливає на діапазон дії тахеометра.

Розмір марки повинен бути тим більший, чим більша відстань наведення. На мал. 3 відображено залежність точності візування на марку з бісектором від розміру самого бісектора. Розмір бісектора – це відстань від штриха сітки до штриха бісектора, яку позначають через a [5]. На малюнку по осі абсцис відкладено значення a в секундах, а по осі ординат – похибку візування труби зі збільшенням $24\times$ (також у секундах).



Мал. 3. Залежність точності візування від розміру бісектора

Отже, можемо визначити дійсні розміри марки для різних відстаней візування.

З малюнка видно, що найвища точність візування ($0,23''$) досягається при розмірі бісектора $a=5''$. Лінійні розміри величини a можна розра-

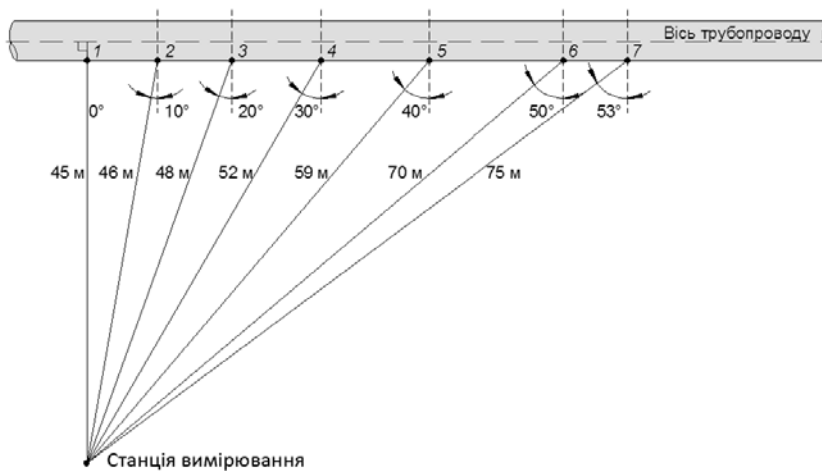
хувати за формулою

$$a_{\text{мм}} = \frac{a''}{\rho''} \cdot S_{\text{мм}}, \quad (1)$$

де S – візирна відстань; $\rho = 206\,265$.

Згідно з методикою, викладеною в праці [4], при спостереженні за зміщеннями надземних переходів магістральних газопроводів безрефлекторним тахеометром довжина візирних ліній збільшується від 45 до 75 м (мал. 4).

Розрахуємо розміри марки для



Мал. 4. Відстані до деформаційних марок газопроводу (довжини візирних ліній)

кожної візирної відстані за формулою (1). Обчислені значення вказано у табл. 1. Для розрахунку відстані між бісекторами марки також зазначено ширину штриха сітки ниток зорової труби для різних відстаней.

Таблиця 1. Розміри візирної марки для наведення на різних відстанях

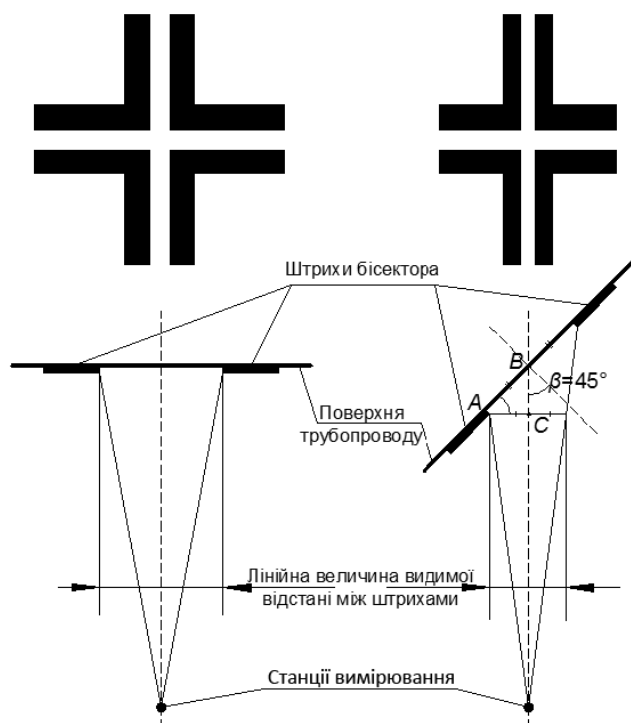
Показник	Номер марки						
	1	2	3	4	5	6	7
Довжина візирного променя S , м	45	46	48	52	59	70	75
Відстань від штриха сітки до штриха бісектора a , мм	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,7	1,8
Ширина зображення сітки ниток на відстані S , мм	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Відстань між штрихами бісектора $a+a+x$, мм	2,8	2,9	3,0	3,3	3,7	4,4	4,7

Окрім того, що довжина візирної лінії збільшується для кожної наступної марки, кут, під яким візирний промінь падає на поверхню трубопроводу, а значить і на поверхню марки, змінюється від 0° для марки 1 до 53° для марки 7. При цьому відстань між бісекторами буде зменшуватись (див. мал. 5).

На мал. 3 видно, що зменшення вибраної величини $a=5''$ приводить до збільшення похибки візування.



Візування під прямим кутом ($\beta=0^\circ$) Візування під кутом $\beta=45^\circ$



Мал. 5. Вигляд деформаційних марок при різних кутах візування

Для компенсування впливу повороту площини марки до візирного променя збільшимо відстань між штрихами бісектора пропорційно величині, що залежить від кута візування. Позначимо цю величину через δ . З трикутника ABC (мал. 5) її легко встановити з відношення відстані між штрихами бісектора марки і лінійною величиною видимої відстані між штрихами:

$$\delta = \frac{1}{\cos \beta}. \quad (2)$$

Спотворення ширини бісектора в даній ситуації притаманні лише для вертикального бісектора марки. Вводимо поправку δ у його ширину. В результаті марка для візування під різними кутами матиме однакову відстань між горизонтальними бісекторами, а відстань між вертикальними знайдемо з виразу

$$A(\beta) = (a + a + x)\delta = \frac{a + a + x}{\cos \beta}. \quad (3)$$

У табл. 2 наведено відомості для розрахунку розмірів семи візирних марок при спостереженні за зміщеннями надземного переходу магістрального газопроводу (за даними мал. 4).

Для підтвердження теоретичних розрахунків було проведено експериментальне дослідження точності візування на марки різних розмірів. Суть експерименту полягала в тому, що за допомогою електронного тахеометра бралися відліки на сім марок, параметри яких вказано в табл. 2. Довжину візирного променя і кут візування для кожної нас-

Таблиця 2. Розміри візирної марки для наведення на різних відстанях та при різних кутах візування

Показник	Номер марки						
	1	2	3	4	5	6	7
Довжина візирного променя S , м	45	46	48	52	59	70	75
Відстань між штрихами бісектора $a+a+x$, мм	2,8	2,9	3,0	3,3	3,7	4,4	4,7
Кут візування β , град.	0	10	20	30	40	50	53
Поправка в ширину бісектора δ	1,0	1,02	1,06	1,15	1,30	1,55	1,66
Відстань між штрихами бісектора $A(\beta)$, мм	2,8	3,0	3,2	3,8	4,8	6,8	7,8

тупної марки нарощували. Для порівняння в кожному варіанті візування визначалася точність наведення на марку, що розрахована для візирної відстані 50 м і кута візування 0° (марка 0).

СКП візування кожної марки визначалися з 20-ти вимірів. Результати досліджень зведено в табл. 3.

Таблиця 3. СКП візування на контрольну марку

Параметр наведення	Номер марки	Відстань між штрихами бісектора $A(\beta)$, мм	СКП візування, секунди
$S=45$ м/ $\beta=0^\circ$	1	2,8	1,0
	0	3,3	1,2
$S=46$ м/ $\beta=10^\circ$	2	3,0	1,1
	0	3,3	1,9
$S=48$ м/ $\beta=20^\circ$	3	3,2	1,0
	0	3,3	1,3
$S=52$ м/ $\beta=30^\circ$	4	3,8	1,1
	0	3,3	1,2
$S=59$ м/ $\beta=40^\circ$	5	4,8	0,9
	0	3,3	1,3
$S=70$ м/ $\beta=50^\circ$	6	6,8	0,6
	0	3,3	1,9
$S=75$ м/ $\beta=53^\circ$	7	7,8	0,9
	0	3,3	1,5

З цієї таблиці видно, що пропорційне збільшення ширини бісектора марки для наведення на різних відстанях забезпечує вищу точність, ніж застосування стандартної марки для усіх параметрів наведення. Похибка візування залишається стабільною навіть при наведенні під гострим кутом до поверхні марки.

Висновки. Особливості використання безрефлекторного електронного тахеометра для спостереження за переміщеннями надземного газопроводу вимагають обґрунтованого підходу до вибору форми і розмірів деформаційних марок. Для даних умов запропоновано використовувати контрольну (деформаційну) марку у формі бісекторів.

Застосування такої марки має кілька переваг:

1) найвищу точність наведення серед усіх форм марок;

2) наявність незафарбованого простору в центрі марки створює кращі умови для відбивання променя віддалеміра і не обмежує діапазон дії безрефлекторного тахеометра;

3) корегування розмірів марки дає змогу зі стабільною точністю виконувати наведення під гострим кутом до поверхні трубопроводу, що було



підтверджено експериментальним шляхом.

У статті обґрунтовано вибір розмірів марки, а також наводяться формули для їх обчислення.

Література

1. *Афанасьев, В.* Оптические приборы и методы контроля прямолинейности в инженерной геодезии [Текст] / В. Афанасьев, В. Усов. – М.: Недра, 1973. – 152 с.

2. *Видуев, Н.* Геодезические измерения при установке машин и оборудования [Текст] / Н. Г. Видуев, Д. И. Ра-

кизов, В. П. Гржибовский. – М.: Недра, 1967. – 168 с.

3. *Деймлих, Ф.* Геодезическое инструментоведение [Текст] / Ф. Деймлих. – М.: Недра, 1970. – 311 с.

4. *Тревого, І.* Особливості визначення просторового положення надземних переходів магістральних газопроводів з використанням електронного тахеометра у безрефлекторному режимі [Текст] / І. Тревого, Є. Ільків, Д. Кухтар // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2011. – № 2. – С. 124-128.

5. *Киссам, Ф.* Оптические приборы для точных измерений крупногабаритных изделий [Текст] / Ф. Киссам. – М.: Машиностроение, 1966. – 136 с.

Надійшла 30.09.11

* * *

УДК 528.48

С. П. Войтенко, Р. В. Шульц, М. В. Білоус, В. Я. Ковтун

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ РОЗМІЧУВАЛЬНИХ І КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ РОБІТ ПРИ МОНТАЖІ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ НСК "ОЛІМПІЙСЬКИЙ"

Рассмотрен вопрос использования современных геодезических приборов и технологий при геодезическом обеспечении монтажа металлических конструкций НСК "Олимпийский" (г. Киев). В результате исследования получены строгие математические формулы для выполнения предварительного расчёта точности разбивочных и контрольно-измерительных работ методом свободной станции. Предложено для упрощения выбора места установки свободной станции строить поле изолиний погрешностей определения координат на весь участок строительства.

It is considered the issue of using modern geodetic devices and technologies in the course of geodetic support of the metal constructions mounting at National Sport Center "Olimpiyskyi" (Kyiv city). As a result of the research it is obtained the strict mathematical expressions for preliminary calculation of accuracy of layout survey and control-and-measurement works by the method of free station. To simplify defining a place for the free station position it is suggested to build isolines of coordinates determination errors for all the area of construction.

Постановка проблеми. Геодезичне забезпечення монтажу металевих конструкцій завжди було однією з найскладніших задач інженерної геодезії. Використання сучасного геодезичного обладнання при виконанні розмічувальних та контрольно-вимірювальних робіт на будівельному майданчику дозволило спростити деякі технологічні процеси. У свою чергу це зумовило появу нових технологій та методик виконання геодезичних робіт.

Важливою причиною, що вплинула на зміну технології виконання геодезичних робіт, безумовно, є зміна процесів виконання окремих видів будівельно-монтажних робіт. Широке впровадження у практику будівництва металевих конструкцій вимагає застосування абсолютно нових підходів до ведення розмічувальних і монтажних робіт та контрольних вимірювань. Сьогодні в практиці будівництва особливої популярності набули точні та високоточні електронні тахеометри, що працюють у режимі без відбивача. На

зміну традиційним методам розмічування, для яких основою були будівельна сітка та пов'язана з нею система осей споруди, прийшов метод вільної станції, який дозволяє вести геодезичні роботи з будь-якого місця будівельного майданчика. При дотриманні певних вимог метод вільної станції забезпечує необхідну точність виконання геодезичних робіт. Оперативність та швидкість даного методу є вищою в порівнянні з іншими. Саме використання методу вільної станції було передбачене в проекті виконання геодезичних робіт при монтажі металевих конструкцій покрівлі Національного спортивного комплексу (НСК) "Олімпійський" у м. Києві. Специфіка виконання робіт при використанні методу вільної станції в обмежених умовах інтенсивного будівництва вимагала ґрунтовного детального дослідження.

Огляд попередніх публікацій. Традиційно перелові позиції в питанні інженерно-геодезичного забезпечення будівництва з використанням просторових металевих конструкцій займали представники київської та московської шкіл інженерної геодезії. Незважаючи на складність та відпові-

© С. П. Войтенко, Р. В. Шульц, М. В. Білоус,
В. Я. Ковтун, 2012