



ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ТАХЕОМЕТРІВ ПРИ ГЕОДЕЗИЧНОМУ КОНТРОЛІ ПІДКРАНОВИХ КОЛІЙ

На основе анализа технологических допусков обоснована методика определения геометрических параметров подкрановых путей с использованием электронных тахеометров. Методика позволяет достичь необходимой точности геодезического контроля параметров подкрановых путей в процессе их эксплуатации с оптимальными затратами времени.

On the basis of manufacturing tolerances analysis it is grounded the method of determining geometrical parameters of crane tracks with the use of electronic tacheometers. The method allows achieving the necessary precision of geodetic control of crane tracks parameters in their operation with optimal time consuming.

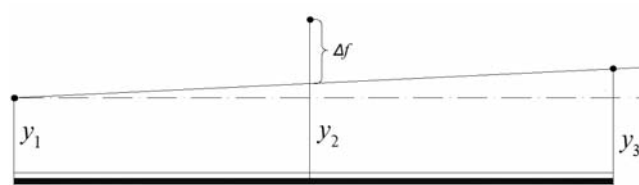
Постановка проблеми. Основою для розроблення методики виконання робіт зі знімання планово-висотного положення підкранових колій є вимоги нормативних документів до точності визначення координат. Автори даної статті не знайшли в літературі чітких вимог до точності цих робіт для випадків, коли їх виконують з метою перевірки геометричних параметрів колій в ході їх експлуатації. Виписано тільки вимоги до точності геодезичних робіт при монтажі колій. Зокрема, у книжці [4] відмічається, що "середні квадратичні похибки розміщення кожної з осей повинні бути $m=0,28$ і становити не більше 2-3 мм". На нашу думку, вказані вимоги (і ми це доводимо у нашій статті) потребують уточнення.

Постановка завдання. Виходячи з технологічних вимог до безпечної експлуатації механізмів, викладених у нормативному документі [5], ми прагнемо обґрунтувати вимоги до точності визначення геометричних параметрів підкранових колій і на основі цього виписати методику використання для таких потреб електронних тахеометрів. При цьому враховуємо, що контрольовані величини є тензорами, тобто при певній методиці вимірювань одержані за їх результатами значення можуть не залежати від похибок визначення координат станцій, з яких вазначали планове положення колій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вимірювання виконуються з точністю, що дає можливість надійно перевірити дотримання технологічних допусків до геометричних параметрів колій, що гарантує експлуатаційну надійність роботи обладнання. Ці допуски наводяться у джерелі [5], де регламентуються норми щодо прямолінійності та паралельності колій. Згідно з цим документом, відхилення рейки від прямолінійності Δf на відрізку 10 м не повинно перевищувати 20 мм. Враховуючи такі порівняно малі значення відхилень, величину Δf знаходимо за формулою

$$\Delta f = y_2 - 0,5(y_1 + y_3), \quad (1)$$

де y_1, y_2, y_3 – відхилення від прямолінійності на початку 10-метрового відрізка, на його середині та в кінці (мал. 1).



Мал. 1. Визначення відхилення від прямолінійності

Відповідно до цього, при однаковій точності виявлення відхилень для даної задачі на основі формули (1) можемо прийняти, що СКП визначення відхилення від прямолінійності $m_{\Delta f} = m \cdot \sqrt{1,5}$. Якщо прийняти, що $m_{\Delta f} = 0,2 \Delta = 0,2 \cdot 20 \text{ мм} = 4 \text{ мм}$, то m (СКП визначення координат точок колії) має бути рівною $4 \text{ мм} / \sqrt{1,5} = 3,3 \text{ мм}$.

Паралельність колій регламентується вимогою щодо звуження або розширення колії P_3 відносно величини прогону. Воно не повинно перевищувати 15 мм. Враховуючи, що СКП визначення $m_{P_3} = m \cdot \sqrt{2}$, і приймаючи $m_{P_3} = 0,2 \Delta = 15 \text{ мм} \cdot 0,2 = 3 \text{ мм}$, знаходимо, що $m = 3 \text{ мм} / \sqrt{2} = 2,1 \text{ мм}$.

Приймаючи менше значення, знаходимо точність визначення координат точок колії в ході знімання – 2 мм. Це відповідає вимогам до знімання під час монтажу та приймання колії в експлуатацію.

Перед зніманням на кожній рейці розмічують пікетаж через 5 м, позначаючи точки фарбою на бічній поверхні рейок так, щоб ходові колеса крана не знищили міток. Пікетаж контролюють електронною рулеткою. Розмітку починають від проєкцій коліс опор крана, встановленого в тупику. При цьому слідкують, щоб зазори між ребордами і рейками були по можливості однаковими (щоб кран було встановлено без перекосу).

При зніманні електронним тахеометром координати точок визначають полярним способом. Точність встановлюють за формулами [4]

$$m_{\Delta x}^2 = \cos^2(\alpha - \beta) m_s^2 + s^2 \sin^2(\alpha - \beta) \frac{m_\beta^2}{\rho^2};$$

$$m_{\Delta y}^2 = \sin^2(\alpha - \beta) m_s^2 + s^2 \cos^2(\alpha - \beta) \frac{m_\beta^2}{\rho^2},$$

де $m_{\Delta x}, m_{\Delta y}$ – СКП визначення координат відповідних осей; α, β – відповідно дирекційний кут



вихідного напрямку і полярний кут; m_β , m_s – СКП вимірювання кутів і довжин.

Враховуючи, що всі роботи виконуються в умовній системі координат, для розв'язування даної задачі приймемо, що $\alpha=0$, тобто вісь X збігається з напрямом рейки. Тоді, після деяких перетворень, одержимо:

$$m^2 = m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot S^2.$$

Звідси

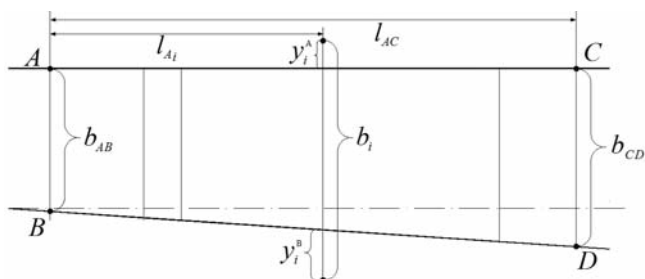
$$S = \frac{\rho}{m_\beta} \sqrt{m^2 - m_s^2}. \quad (2)$$

Прийнявши, що $m_s=1,5$ мм, для $m=2$ мм і $m_\beta=5''$, одержимо: $S=53$ м, а для $m_\beta=2''$ $S=134$ м.

Тобто, якщо знімання підкранових колій виконують з однієї станції і при цьому максимальні відстані не перевищують знайдених величин, то потрібної точності визначення непрямої колії на 10-метрових відрізках досягнуто.

Необхідну точність розмічування пікетажу одержуємо в ході таких дій. Щоб визначити ширину колії через виміряні координати відповідних точок пікетажу, ці точки мають знаходитись у паралельних вертикальних площинах, перпендикулярних до осі колії. Допуск на непаралельність цих площин ΔS визначаємо з виразу $\Delta S = \sqrt{2m \cdot b}$ [4], де b – ширина колії. Звідси для $m=2$ мм і $b=40$ м знаходимо, що $\Delta S=0,4$ м. Звичайно ж, такої точності можна досягти за допомогою електронних засобів лінійних вимірювань.

Таким чином, якщо довжини колій такі, що їх можна зняти з однієї станції при встановлених допусках до величини S , то спочатку визначають координати станції оберненою засічкою з використанням точок A і C (мал. 2), розміщених на кінцях однієї з рейок. При цьому приймають такі значення координат точок: $X_A=Y_A=0$, $X_C=S$, $Y_C=0$. На обидві точки вимірюють дві відстані та кут і за поправками до координат, які автоматично встановлюються приладом, контролюють правильність виконання засічки, крім приладів фірми "SOUTH", в яких за таких умов можливий тільки безконтрольний розв'язок лінійної засічки.



Мал. 2. До визначення ширини колії

Далі визначають координати точок на рейці A – y_i^A й аналогічно для рейки B – y_i^B . Наведення виконують на спеціальну призму, встановлену й закріп-

лену на рейці непорушно за допомогою струбцини. Для контролю вимірювання проводять при двох кругах. За знайденими координатами встановлюють ширину колії в усіх поперечних перерізах і за формулою (1) перевіряють непрямої колії на 10-метрових відрізках.

Якщо при встановлених допусках для величини S з однієї станції визначити положення рейок неможливо (наприклад, на складах обладнання АЕС довжина колій досягає 700 м), пропонується така методика робіт. Враховуючи, що вимоги до прямої колії допускають наявність деякої плавної кривини колій [1], пропонуємо виконувати знімання відрізками, довжини яких вибирають, виходячи з встановленого допуску на величину S , і також визначити відхилення від прямої колії на кожному відрізку для 10-метрових ділянок за формулою (1). Навіть сантиметрові похибки визначення координат точок станції встановлення інструмента не впливатимуть на результати обчислення ширини колії та прямої колії на 10-метрових відрізках наступних ділянок, якщо їх визначити за координатами, одержаними з однієї станції, з якої знімалась дана ділянка. Для контролю на кінцях відрізків знімання проводять з перекриттям.

Коли з однієї станції визначити положення точок на рейках A і B неможливо, наприклад, при наявності видимості тільки у вузьких коридорах уздовж рейок, пропонується інша методика. Ділянки колії розмічують так, щоб дотримувались допустимі значення S і на кінцях відрізків була можливість безпосередньо виміряти ширину колії електронною рулеткою (методику таких вимірювань описано у статті [3]) або електронним теодолітом. Для того щоб похибки в координатах станцій, з яких знімають рейки, не впливали на результати визначення параметрів, що контролюються, вимірюють бази b_{AB} і b_{CD} – ширину колії на кінцях відрізка.

Далі, встановивши теодоліт у зручному для знімання місці, приблизно у створі колій визначають з двох різних станцій для обох рейок координати точок пікетажу (можна для кожної в різних системах координат). Попередньо методом координування, як і у випадках, коли з однієї станції визначають координати обох рейок, знаходять координати станцій. При цьому виконують лінійно-кутові вимірювання на точки A і C (оберненою засічкою), приймаючи їх координати рівними $X_A=Y_A=0$, $X_C=S$, $Y_C=0$. Аналогічно визначають координати станції, з якої знімають рейку B , виконуючи лінійно-кутові вимірювання на точки B і D і приймаючи їх координати також рівними: $X_B=Y_B=0$, $X_D=S$, $Y_D=0$.

Для контролю при зніманні точок на рейках A і B слід визначити ще раз координати крайніх точок A , C , B і D . У випадках, якщо через похибку засічки (особливо при використанні приладів фірми "SOUTH") їх ординати Y відрізняються від 0, слід виконати трансформування координат точок відповідної рейки так, щоб у новій системі координат ординати дорівнювали 0. Наприклад, для рейки A при



трансформуванні слід прийняти $\Delta x = X_A$, $\Delta H = Y_A$ і $\alpha = \arctg Y_C / X_C$.

За знайденими координатами через кожні 5 м визначають ширину колії за формулою

$$b_i = b_{AB} + y_i^A + y_i^B + (b_{CD} - b_{AB})l_{A_i} / l_{AC}, \quad (3)$$

де b_i – шукана ширина колії в i -му перерізі; y_i^A, y_i^B – виміряні ординати точок пікетажу; l_{A_i}, l_{AC} – відстань від початку відрізка до перерізу i та до кінця відрізка.

При цьому відпадає необхідність у передачі азимута на створи рейок, оскільки накопичення похибок у ході не впливає на результати.

Якщо прийняти, що ширину колії виміряно з СКП 1,5 мм, то величини непрямоїності знаходимо з СКП, що дорівнює $2 \text{ мм} \cdot \sqrt{1,5} = 2,4 \text{ мм}$. Після підрахунків знаходимо величину b_i з максимальною похибкою біля кінців відрізка, рівною 4,1 мм, що близько до точності, яка вимагається при контролі.

Знайдені значення S задовольняють і вимоги до визначення висотного положення колій. Справді, у Правилах [5] вимагається, щоб різниця висот рейок на сусідніх колонах P_2 не перевищувала 10 мм. Отож, СКП визначення висот m_h має бути такою:

$$m_h = P_2 \cdot 0,2 / \sqrt{2} = 1,5 \text{ мм.}$$

Враховуючи, що результат не залежить від похибок вимірювання висоти інструмента і візирних цілей, а наведення виконують безпосередньо на точку рейки або на одну і ту ж візирну марку, що переставляється, можна досягти потрібної точності.

Аналізуючи другу вимогу до висотного положення рейок (різниця висот рейок в одному поперечному розрізі P_1 не повинна перевищувати 40 мм), знаходимо, що

$$m_h = P_1 \cdot 0,2 / \sqrt{2} = 6 \text{ мм.}$$

Прийнявши до уваги, що максимальна кількість станцій у ході не перевищує чотирьох і що висоти для перевірки допуску P_1 потрібно вимірювати з похибкою у 1,5 мм, навіть без врахування підвищення точності за рахунок зрівнювання ходу, потрібної точності визначення величини P_1 при рекомендованих нами значеннях S також можна досягти.

Як використання програмного забезпечення високоточних сучасних електронних тахеометрів дозволяє підвищити оперативність геодезичного контролю підкранових колій у ході їх експлуатації можна переконатися, порівнявши наші рекомендації з методикою, описаною у статті [6].

Звернувшись до статті [6],

Звернувшись до статті [6], завершуючи, відзначимо таке. Якщо знайдені величини непрямоїності чи звуження (розширення) колії на деяких ділянках близькі або перевищують допуски, то ці ділянки треба відзняти окремо з особливою ретельністю та максимально можливою точністю.

Запропонована методика придатна тільки для перевірки технологічних допусків до визначення планово-висотного положення колій. Якщо в результаті геодезичного контролю виникне необхідність рихтування рейок, то слід виконати окремо знімання обох рейок електронним тахеометром, а далі за рівнянням інтерполяційної сплайнової кривої знайти дані для оптимального рихтування (детальніше про це див. у статті [2]).

Висновки. При дотриманні пропонованої в даній статті методики електронні тахеометри дозволяють швидко досягти необхідної точності геодезичного контролю геометричних параметрів підкранових колій у ході їх експлуатації.

Література

1. Баран, П.И. Определение элементов плановой рихтовки крановых путей [Текст] / П.И. Баран, И.А. Дульский, Д.Н. Кавуец // Геод. и картогр. – 1991. – № 5. – С.16-18.
2. Бурак, К.О. Визначення радіусів кривизни при геодезичному контролі підкранових колій [Текст] / К.О. Бурак // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. – Л.: Вид-во Львів. політехніки. – 2010. – Вип. I. – С. 151-154.
3. Бурак, К.О. Використання електронних рулеток "Disto" при вимірах ширини підкранових колій [Текст] / К.О. Бурак, Д.Я. Бачевський, М.Я. Гринішак, В.П. Михайлишин // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. – Л.: Вид-во Львів. політехніки. – 2010. – Вип. I. – С. 177-180.
4. Левчук, Г.П. Прикладная геодезия [Текст] / Г. П. Левчук, В. Е. Новак, В. Г. Конусов. – М.: Недра, 1981. – 285 с.
5. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів [Текст]: ДНАОП № 0,00-1.02.02: затв. ДКУ з промисл. безпеки, охорони праці та гірнич. нагляду 18 черв. 2007 р., № 132]. – 86 с. – (Нормативні директивні правові документи).
6. Ткаченко, М.И. Геодезический контроль планового положения подкрановых путей [Текст] / М.И. Ткаченко // Инж. геодез. – 1990. – № 33. – С. 96-101.

Надійшла 11.05.11