

УДК 528.498

ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ СПОСОБІВ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНОГО КОНТРОЛЮ ВСТАНОВЛЕННЯ ВУЗЛІВ ОБЕРТОВИХ ПЕЧЕЙ

О. Кубрак

Національний університет “Львівська політехніка”

Постановка проблеми

За допомогою сучасної геодезичної електронної техніки, а саме: електронні тахеометр, можна вирішити велику кількість проблем вимірювань в інженерній геодезії, зокрема, проблему контролю встановлення вузлів обертових печей. Оскільки у контролі планового положення вузлів переважають створні вимірювання, точність лінійних вимірювань практично визначає точність контролю. Сучасні електронні тахеометри, наприклад, ТДМ 5005 фірми Leica (Швейцарія) дають можливість виміряти віддалі з точністю до 0,2 мм. Зважаючи на такі можливості приладів, а також на складність вимірювань, потрібно оцінити точність вимірювань способами, в яких використовуються електронні тахеометри, а потім порівняти з традиційними оптично-механічними.

Зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями

Точність встановлення вузлів обертових печей фактично визначає їх працездатність та довічність. Підвищення точності встановлення вузлів застосуванням сучасних способів контролю безумовно сприятиме покращанню роботи агрегату, підвищенню його коефіцієнта використання.

Невирішені частини загальної проблеми

Сьогодні у літературі практично відсутні відомості щодо підвищення точності контролю встановлення вузлів застосуванням сучасної електронної техніки.

Постановка завдання

Метою дослідження є оцінювання точності способів інженерно-геодезичного контролю встановлення вузлів обертових печей.

Виклад основного матеріалу

Найрозповсюдженішими способами інженерно-геодезичного контролю встановлення вузлів обертових печей є спосіб “Оргпроектцементу” [8], спосіб контролю з використанням спеціального приладу [8], спосіб контролю створними вимірюваннями.

Способом “Оргпроектцементу” контроль положення осі обертання печі виконується послідовно в двох взаємоперпендикулярних площинах, одна з яких вертикальна. Перед виконанням контролю у вертикальній площині вимірюють діаметри бандажів та їх діаметральні зазори, розмічують верхні точки бандажів і вимірюють по горизонталі віддалі між бандажами. Для визначення перевищень бандажів використовують нівелір НЗ та рейку з міліметровими діленнями. Нівелір встановлюють на корпус печі на однакових відстанях від сусідніх бандажів і послідовно виконують нівелювання суміжних бандажів. Зважаючи на виміряні діаметральні зазори бандажів, визначають перевищення H центрів перерізів підбандажних обичайок на крайніх опорах, а потім кут нахилу осі, що проходить через вказані центри, за формулою

$$\sin \alpha = \frac{H}{L},$$

де L – відстань між крайніми бандажами.

Після перемноження отриманих значень синуса на відстань між 1-м та i -м бандажами, одержимо теоретичне значення перевищень. Порівнявши його з фактичним, матимемо непаралельність осі обертання печі у вертикальній площині.

На цей спосіб контролю впливають такі похибки:

1. Похибка відліку рейки (m_o);
2. Похибка встановлення візирної осі в горизонтальний стан (m_y);
3. Похибка нівелювання на станції ($m_{cm.}$);
4. Похибка встановлення рейки у вертикальне положення (m_n);
5. Похибка компарування рулетки (m_{ep})
6. Похибка вимірювання діаметрів бандажів (m_d)
7. Похибка вимірювання зазору (m_z).

1) похибка нівелювання на станції:

$$m_{cm.} = 0,5 \text{ мм}$$

2) похибка відліку рейки розраховуємо за емпіричною формулою

$$m_o = 0,03t + 0,02 \frac{l(\text{м})}{v},$$

де t – ціна поділки рейки; v – збільшення зорової труби ($v=30^*$); l – відстань від нівеліра до рейки, $l=10 \text{ м}$.

$$m_o = 0,3 \text{ мм}$$

3) похибка встановлення візирної осі в горизонтальний стан

$$m_y = \frac{0,5\tau'' \cdot h}{\rho''},$$

де h – висота візирного променя, $h = 1600 \text{ мм}$; $\tau = 10''$; $\rho = 206265''$;

$$m_y = 0,04 \text{ мм}$$

4) похибка встановлення рейки у вертикальне положення

$$m_n = \frac{bv'^2}{2\rho'^2},$$

де b – величина відліку по рейці, $b = 1600 \text{ мм}$; v – кут нахилу рейки від прямовисного положення, $v=2^\circ$

$$m_n = 0,9 \text{ мм}$$

5) похибка за компарування рулетки

$$m_{ep} = 0,3-0,5 \text{ мм}$$

6) похибка вимірювання діаметрів бандажів (m_d)

$$m_d = 0,2 \text{ мм} [3]$$

7) похибка вимірювання зазору

$$m_z = 0,5 \text{ мм}$$

Підставивши числові значення всіх похибок, отримаємо похибку висотного положення за формулою

$$m_{вис}^2 = m_{cm.}^2 + m_o^2 + m_y^2 + m_n^2 + m_{ep}^2 + m_d^2 + m_z^2,$$

$$m_{вис} = 1,3 \text{ мм}.$$

Допустима нев'язка цього нівелірного ходу $f = 0,5\sqrt{n}$, де n – кількість станцій, $n=7$, $f= 1,3 \text{ мм}$.

Контроль положення осі обертання печі в плані виконується так: на одній з крайніх опор на певній віддалі від проекції осі обертання ролика встановлюють теодоліт так, щоб була видимість всіх опор. Розраховують віддаль А від вертикальної осьової площини печі до теодолітного створу. Для розмітки створу, паралельного до осьової площини печі, знаходять величину Б – відстань від

осей обертання роликів до створу. На знайденій віддалі Б опускають висок, наводять на нього трубу теодоліта і фіксують її в такому положенні. Потім за допомогою сталеві рулетки вимірюють віддаль від торців всіх правих роликів до візирної осі теодоліта. У разі правильного розташування опорних роликів їх осі мають бути паралельні до осі обертання печі, а за однакових діаметрів роликів і висот їх центрів, – розташованих на одній відстані С від вертикальної осьової площини печі. Щоб визначити величину непаралельності та напрямок переміщення правих опорних роликів, від значення величини А віднімають значення С і отримують різницю Б, на якій має знаходитись центр торця правого опорного ролика від нашого створу. Аналогічно визначають положення всіх правих роликів, а потім лівих. Контроль положення осі обертання в плані виконують теодолітом Т2.

Основні джерела похибок:

1. Похибка центрування теодоліта (m_u);
2. Похибка вимірювання діаметрів роликів (m_d);
3. Похибка візування та фокусування (m_{ϕ});
4. Похибка вводу марки в створ (m_y);
5. Похибка вимірювання рулеткою віддалі між осями роликів (m_p).

- 1) похибка центрування теодоліта Т2

$$m_u = \frac{m_e}{\sqrt{2}} \left(1 - \frac{l}{b}\right),$$

m_e – лінійна похибка, 0,5–0,7 мм, $l=150$ м.

$$m_u = 0,35 \text{ мм}$$

- 2) похибка вимірювання діаметрів роликів [3]

$$m_d = 0,2 \text{ мм}$$

- 3) похибка візування та фокусування (m_{ϕ}) [7];

$$m_{\phi} = \frac{20\sqrt{3}}{v} \cdot \frac{l}{\rho''},$$

де v – збільшення зорової труби ($v=25^*$); $\rho=206265''$; l – відстань від точки до приладу, $l=150$ м.

$$m_{\phi} = 1 \text{ мм}$$

- 4) похибка вводу марки в створ [5]

$$m_{\phi} \approx m_y$$

$$m_y = \frac{20\sqrt{3}}{v} \cdot \frac{l}{\rho''},$$

$$m_y = 1 \text{ мм}$$

- 5) похибка вимірювання рулеткою віддалі між осями роликів [3]

$$m_p = 1 \text{ мм}$$

Підставивши числові значення всіх похибок, отримаємо помилку планового положення за формулою

$$m_{nl}^2 = m_u^2 + m_d^2 + m_{\phi}^2 + m_y^2 + m_p^2,$$

$$m_{nl} = 1,8 \text{ мм.}$$

Розглянемо другий відомий спосіб контролю осі обертання печі за допомогою спеціального пристрою [8]. Вихідними даними в цьому способі контролю осі обертання печі є виміряні діаметри бандажів і діаметральні зазори. Для перевірки зміщення центрів бандажів і перевірки їх положення відносно прямої, що з'єднує центри крайніх бандажів, використовують спеціальні пристрої –

шукачі зміщених центрів. Пристрій з зоровою трубою встановлюють на крайньому бандажі (наприклад, першому), а пристрій з маркою – на іншому (останньому). Знаючи радіус першого базового бандажа і відстань від поверхні бандажа до візирної осі зорової труби, діаметральний зазор, обчислюють радіус зміщення R . До того ж пристрій з маркою встановлюють послідовно на проміжних бандажах, слідкуючи, щоб бульбашка рівня основи перебувала у нульпункті, а розміщення центра марки – на потрібній віддалі від поверхні бандажа. Виконуючи спостереження зоровою трубою, визначають зміщення сітки її ниток з центра марки, що вказує на викривлення осі обертання печі, бо при її прямолінійності сітка ниток зорової труби і марки збігаються.

Основними похибками цього способу є:

1. Похибка вимірювання діаметра бандажа (m_d);
2. Похибка вимірювання зазору (m_z);
3. Похибка візування та перефокусування ($m_{\text{вф}}$);
4. Похибка встановлення марки за рівнем (m_{Δ});
5. Похибка встановлення пристрою з приладом за рівнем (m_i);
6. Похибка за рефракцію (m_p)

Нижче наведено розрахунок і значення похибок

1. Похибка вимірювання діаметра бандажа

$$m_d = 0,2 \text{ мм [3].}$$

2. Похибка вимірювання зазору

$$m_z = 0,5 \text{ мм.}$$

3. Похибка візування та перефокусування, їх загальний вплив [7]:

$$m_{\text{вф}} = \frac{20\sqrt{3}}{\nu} \cdot \frac{l}{\rho''},$$

де ν – збільшення зорової труби ($\nu=25^*$); $\rho=206265''$; l – відстань від приладу до марки, $l=150 \text{ м}$.

$$m_{\text{вф}} = 1 \text{ мм}$$

4. Похибка встановлення марки за рівнем [8].

$$m_{\Delta} = 0,21 \text{ мм}$$

5. Похибка встановлення пристрою з приладом за рівнем (m_i)

База цього пристрою $b=330 \text{ см}$; $\tau=20''$, $R=3000 \text{ мм}$, отже,

$$m_i = \frac{R\tau}{\rho},$$

$$m_i = 0,3 \text{ мм.}$$

6. Похибка за рефракцію (m_p)

Позаяк висота візирного променя не більше 0,5 метра, потрібно враховувати помилку за рефракцію у зв'язку з тим, що температура на різних кінцях печі істотно відрізняється, наприклад на холодному краї вона є 15° , а на гарячому – 35°

$$m_p = \frac{0,05 \cdot P_{cp} l(b-l)}{(273,2 + t_{cp})^2} \cdot \nabla t_{cp},$$

де $t_{cp}=30^\circ$; $P_{cp} = 760 \text{ мм рт .ст.}$; $b=150 \text{ м}$; $l = 75 \text{ м}$; $\nabla t_{cp} = 0,2^\circ$

$$m_p = 0,9 \text{ мм}$$

$$m_{\text{мет}}^2 = m_z^2 + m_d^2 + m_{\text{вф}}^2 + m_{\Delta}^2 + m_i^2 + m_p^2,$$

$$m_{\text{мет}} = 1,5 \text{ мм.}$$

Розроблений нами спосіб визначення відхилень від прямолінійності осі обертання обертової печі полягає у тому, що вимірюють діаметри бандажів, опорних роликів і віддалі між осями опорних роликів, закріплюють на опорах печі з двох її боків створи, вимірюють на кожній опорі віддалі від одного із створів до осі одного з пари опорних роликів, порівнюють їх з розрахунковими і визначають відхилення від прямолінійності осі обертання печі в плані. Вимірюють на кожній опорі віддалі від створу з іншого боку печі до осей інших з пар опорних роликів, приймають, що вісь обертання печі є прямою, яка проходить через центри серединних поперечних перерізів підбандажних обичайок крайніх опор, а положення такого самого центра на будь-якій опорі збігаються з нею, визначають за цієї умови віддалі від осей опорних роликів до відповідних створів, порівнюють з вимірними і визначають відхилення від прямолінійності осі обертання обертової печі у проекції на вертикальну площину. Це забезпечує підвищення точності вимірювань і зменшує трудомісткість способу.

Похибки контролю прямолінійності планової проекції осі обертання печі за допомогою створних вимірювань:

1. Похибка фіксації створу ($m_{ф.см.}$);
2. Похибка вимірювання ліній ($m_{відл}$), вимірюють електронним тахеометром, наприклад, ТС1200+ фірми Leica;
3. Похибка вимірювання діаметра бандажа (m_d);
4. Похибка вимірювання діаметра ролика (m_p)

$$m_{ф.см.} = 0,1 \text{ мм},$$

$$m_{відл} = 0,5 \text{ мм},$$

$$m_d = 0,2 \text{ мм},$$

$$m_p = 0,2 \text{ мм}.$$

Отже,

$$m_{зас}^2 = m_{ф.см.}^2 + m_{відл}^2 + m_d^2 + m_p^2,$$

$$m_{зас} = 1,1 \text{ мм}.$$

Оцінювання точності способів інженерно-геодезичного контролю встановлення вузлів обертових печей

Назва способу	Спосіб “Оргпроектцемент”, висотне положення	Спосіб “Оргпроектцемент”, планове положення	Спосіб контролю спеціальними приладами	Спосіб контролю створними вимірюваннями
Результат, мм	1,3	1,8	1,5	1,1

Висновки

Порівняльний аналіз оцінювання точності способів інженерно-геодезичного контролю встановлення вузлів обертових печей показав, що спосіб створних вимірювань електронним тахеометром є найточнішим.

Література

1. Руководство по выверке технологического оборудования металлургической промышленности. – М.: Министерство металлургии СССР, 1991. – 214 с.
2. Руководство по геодезическому обеспечению монтажа и эксплуатации технологического оборудования цементной промышленности. ГКИНП-10-135-80. – М.: Недра, 1983.
3. Шевченко Т.Г., Мороз О.І., Хропот С.Г. Методика інженерно-геодезичних робіт при визначенні положення роликів обертових печей // Вісник геодезії та картографії. – 1996. – № 2. – С.45–52.
4. Шевченко Т.Г., Мороз О.І., Скриль В.А., Кубрак О.Д. Застосування електронних тахеометрів до визначення положення опорних роликів обертової печі // Збірн. тез XI міжнар. наук.-техн. симпоз.: Геодезичний моніторинг навколишнього середовища GPS і GIS технології: Алушта (Крим), Львів. – 2006. – С.79–83.
5. Шевченко Т.Г., Мороз О.І., Зазуляк П.М., Кубрак О.Д. Контроль положення опорних роликів обертової печі електронними тахеометрами // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування. Зб. наук. праць. – Чернігів. – 2006. – № 2. – С.75–80.
6. Кузьо І.В., Шевченко Т.Г., Мороз О.І., Кубрак О.Д. Контроль положення опорних роликів обертової печі електронними тахеометрами // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Вип. № 68. – 2007. – С.94–104.
7. Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. – М: Недра, 1981.
8. Микольський Ю.Н., Кравченко В.М. Выверка и центровка промышленного оборудования. – К.: Будівельник, 1979.

Оцінювання точності способів інженерно-геодезичного контролю встановлення вузлів обертових печей

О. Кубрак

Виконано оцінювання точності способів інженерно-геодезичного контролю встановлення вузлів обертових печей. Їх порівняльний аналіз довів, що запропонований спосіб контролю прямолінійності осі обертання печі із застосуванням електронних тахеометрів є найточнішим.

Оценивание точности способов инженерно-геодезического контроля установки узлов вращающейся печи

О. Кубрак

Просчитано оцінку точності способів інженерно-геодезичного контролю установки вузлів вращающихся печей. Сравнительный анализ показал, что предлагаемый способ контроля прямолинейности оси вращения печи с использованием электронных тахеометров является самым точным.

Estimation of accuracy of ways of the engineering-geodetic control of installation of knots of the rotating furnace

O. Kubrak

Estimation of accuracy of ways of the engineering-geodetic control of installation of knots of the rotating furnace. It is counted an estimation of accuracy of ways engineering-geodetic the control of installation of knots of rotating furnaces. The comparative analysis has shown that the offered way of the control of straight for wardness of an axis of rotation with use total station is the most exact.