

УДК 528.

Т.Г. ШЕВЧЕНКО

Національний університет "Львівська політехніка"

ЕВОЛЮЦІЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО КОНТРОЛЮ ВСТАНОВЛЕННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНОГО ОБЛАДНАННЯ

© Шевченко Т.Г., 2003

Прслежена эволюция инженерно-геодезических способов и средств измерений, предложенных профессором А.Л.Островским, для контроля установки крупногабаритного промышленного оборудования, в частности, вращающихся печей за последние 50 лет.

In this paper was observed the evolution of the engineering – geodetical methods and measuring devices proposed by prof. A. Ostrovskij for the control of the placing big-sized industrial equipment, in particular, rotary kilns for the last 50 years.

Професор А.Л. Островський є безперечним авторитетом у галузі досліджень атмосферних впливів на геодезичні виміри, засновником львівської школи рефракції. Проте, його праці з питань інженерної геодезії, зокрема, проблем інженерно-геодезичного контролю встановлення великогабаритного технологічного обладнання також, безумовно, заслуговують на увагу. Цікаво простежити розвиток поглядів та досліджень, виконаних А.Л. Островським за час, що минув з моменту виходу його першої публікації [4], присвяченої згаданій тематиці.

Праця А.Л. Островський, М.К. Дрок "Геодезические работы при строительстве вращающихся печей цементных заводов" [4], що опублікована майже 50 років тому (у 1956 році) була, якщо не першою, то, принаймні, однією з перших, присвячених цій проблемі. Слід відзначити, що описані у ній методики геодезичного контролю охоплюють практично усі види інженерно-геодезичних робіт під час монтажу обертових печей. Незважаючи на те, що такі роботи виконувалися авторами вперше, необхідно зазначити, що запропоновані методики досить досконалі і їх можна застосувати і тепер, під час встановлення агрегатів невеликих діаметрів. Пізніші рекомендації інших авторів, що спеціалізувалися на виконанні таких робіт [1, 9], багато в чому, зокрема щодо нівелювання фундаментних рам, встановлення у плані опорних роликів та бандажів, повторюють методики, описані у праці [4]. Одержана там же ж [4] сумарна помилка контролю прямолінійності осі обертання печі, що дорівнює ± 3 мм, цілком задовольняла вимоги виробництва. На той час експлуатувалися агрегати порівняно невеликого діаметра (до 3,6 м). Вони мали клепані корпуси, порожнисті широкі бандажі та велику кількість опор (до 9 на 150 м довжини печі). Клепана конструкція корпусів мала якби додаткову гнучкість у місцях встановлення клепанних з'єднувальних поясів, які, разом з тим, відігравали роль своєрідних жорсткостей. Невеликий діаметр та відносно невеликі навантаження на корпус у місцях спірання сприяли стійкості склепіння вогнетривкої футерівки корпусу. Оскільки, власне, стійкість футерівки є, переважно, визначальною для кампанії обертової печі (проміжок часу між ремонтами), для обертових печей із клепанними корпусами вона сягала одного року і більше. Така конструкція обертових печей виявилася досить надійною і частково вони зустрічалися навіть наприкінці 80-х років минулого сторіччя, хоча виробництво клепанних корпусів припинили ще у 50-х роках, а проектна довговічність корпусу становить 10 років.

У 60-х роках минулого сторіччя виробники обладнання цементних заводів повністю перейшли на корпуси зварної конструкції. Діаметр корпусів у наступні десять років побільшився до 5–7 м, довжина зросла до 185–230 м, кількість опор зменшилася до 7–8, а бандажі виготовляють як суцільні металеві кільця.

Такі нововведення призвели до суттєвого збільшення продуктивності великогабаритних агрегатів, але згубно вплинули на надійність та довговічність їх. Зокрема, великий діаметр корпусу не сприяє міцному розклинюванню цеглин у склепінні вогнетривкої футерівки. Одночасно значні поперечні деформації корпусів у зв'язку із збільшенням навантажень у місцях спирання їх стали чинниками передчасного руйнування футерівки, а, деколи, і самих корпусів. Кампанії оберткових печей значно скоротилися.

У зв'язку з цим у обов'язкових керівних матеріалах [10, 11] були суттєво підвищені вимоги до точності встановлення основних вузлів оберткових печей та збереження їх геометричних параметрів. Так допустимі відхилення осі обертання печі від прямолінійності у місцях спирання були зменшені до ± 5 мм [11], а пізніше до ± 3 мм [10]. Непаралельність осей пари опорних роликів не повинна перевищувати 0,5 мм на 1000 мм довжини, незбіжність оброблених поверхонь фундаментних рам з проектною позначкою – 0,5 мм.

Очевидно, що таке підвищення вимог до точності встановлення обладнання тягне за собою необхідність підвищення точності традиційних способів інженерно-геодезичного контролю, а також розроблення нових, які враховують особливості обладнання. Тому були запропоновані способи та засоби контролю прямолінійності корпусів оберткових печей за допомогою лазерного променя із врахуванням форми їх поперечних перетинів [6, 7]. У праці [5] запропоновані напрацювання були вдосконалені. Але надійної точності було досягнуто внаслідок використання пристрою для вимірювання віддалі від осі лазерного променя до точок корпусу [12] з метою визначення положення центру його поперечного перетину. Положення центру поперечного перетину визначають згідно з залежностями

$$x_c = \frac{2\sum x_i}{n}; \quad y_c = \frac{2\sum y_i}{n}; \quad (1)$$

де x_c і y_c – проекції на координатні осі величин незбігання центра поперечного перетину з початком координат (проекцією осі лазерного променя); x_i , y_i – виміряні дискретні відхилення форми перетину від кола; n – число точок на перетині для вимірювання відхилень.

Очевидно, що точність визначення центра перетину залежить від числа точок, рівномірно розподілених периметром перетину $m_c = \sqrt{2}m_{x_c}$, де $m_{x_c} = m_{y_c} = \frac{2m_{x_i}}{\sqrt{n}}$ – помилки відшукування

центру поперечного перетину; m_{x_i} – точність вимірювання x_i та y_i . Зазвичай, $n = 24$ під час контролю корпусів, діаметр яких 5 м і більше. Для корпусів менших діаметрів $n = 8$, або $n = 6$.

Ще у праці [4] вказано, а надалі підтверджено [2], що на точність контролю прямолінійності осі обертання або геометричної осі корпусу окрім помилки m_c найсуттєвіше впливають помилки візування – m_v ; перефокусування зорової труби – m_f ; введення марки у створ (суміщення з прямою лінією) – m_{cm} ; центрування – m_{ψ} . Використовуючи рекомендації [3], числові значення вказаних помилок були визначені для оберткової печі умовної довжини 200 м та із врахуванням застосування точних теодолітів для фіксації опорних прямих $m_v = m_f = 0,6$ мм; $m_{cm} = 0,2$ мм, $m_{\psi} = 0,4$ мм (примусове центрування). Середня квадратична помилка визначення непрямолінійності осі обертання печі загальним створом становить ± 1 мм. Оскільки у працях [5, 6, 7] була прийнята візуальна фіксація осі лазерного випромінювання приклад застосування точних теодолітів цілком виправданий з огляду на рівноточність фіксації опорних прямих порівняно з лазером, хоча в разі застосування лазерів виключається помилка m_f .

Підвищенню точності та об'єктивності вимірювань значною мірою сприяло використання фотоелектричних приймальних пристроїв для фіксації енергетичної осі лазерного випромінювання [8]. Роздільна здатність такого давача не гірше від 0,02 мм. Застосування фотоелектричних приймальних пристроїв на основі, наприклад, квандрантних фотодіодів дає можливість зменшити випадкову частину сумарної помилки контролю прямолінійності до 0,5 мм. Варто зауважити, що

порівняно із працею [4] точність вимірювань підвищилася фактично у шість разів і задовольняє сучасні вимоги.

1. Асташенков Г.Г. *Геодезические работы при эксплуатации крупногабаритного промышленного оборудования*. – М.: Недра, 1986. – 151 с. 2. Кузьо И.В., Шевченко Т.Г. *Расчет и контроль установки агрегатов непрерывного производства*. – Львов: Вища шк., 1987. – 176 с. 3. Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г. *Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ*. – М.: Недра, 1981. – 438 с. 4. Островский А.Л., Дрок М.К. *Геодезические работы при строительстве вращающихся печей цементных заводов*. – Львов: Изд-во при Львов. Госуниверситете. 1956. – 14 с. 5. Островский А.Л., Шевченко Т.Г. *Современные геодезические методы контроля установки и выверки оборудования и пути их автоматизации // Материалы II науч.-практ. конф. по наладке технологического оборудования —опыт наладки вращающихся печей*. – Свердловск: «Цветметналадка», 1981. – № 5. – С. 1–7. 6. Островский А.Л., Шевченко Т.Г., Гребенюк В.Г. *К вопросу о контроле геометрической оси корпуса вращающейся печи с помощью лазерного луча // Тез. докл. на Всесоюз. науч.-техн. конф. «Геодезические работы при монтаже и эксплуатации технологического оборудования»*. – Новосибирск, 1978. – С. 14. 7. Островский А.Л., Шевченко Т.Г., Гребенюк В.Г. *Контроль геометрической оси корпуса вращающейся печи с помощью лазерного луча // Геодезия, картография и аэрофотосъемка*. – 1979. – № 29. – С. 76–81. 8. Островский А.Л., Хропот С.Г., Шевченко Т.Г. *Лазерное устройство для контроля прямолинейности // Геодезия, картография и аэрофотосъемка*. – 1988. – № 48 – С. 63–66. 9. *Руководство по геодезическому обеспечению монтажа и эксплуатации технологического оборудования цементной промышленности*. – М.: Недра, 1983. – 112 с. 10. *Система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования предприятий промышленности строительных материалов. Цементная промышленность. Ч. 1*. – М.: МПСМ, Оргпроектцемент, 1987. – Вып. 1. – 231 с. 11. *Технические указания на монтаж вращающихся печей и барабанных сушилок*. СН208-62. – М., 1962. – 78 с. 12. А. с. СССР 1186941, МКИ G01B11/26/. *Устройство для измерения расстояний / Островский А.Л., Жуков Н.Г., Гребенюк В.Г., Шевченко Т.Г.* – Опубл. 30.09.1985, Бюл. № 39. – С. 3.