

## Відносно коректності в питаннях компарування металевих рулеток

Мирний В. В., Матлаєва І.В.  
ДВУЗ «ДонНТУ», Донецьк, Україна

Надійшла до редакції 23.04.10, прийнята до друку 01.10 10.

### Анотація

В статті розглянуто питання, які пов'язані з методикою метрологічного забезпечення маркшейдерських вимірювань металевими рулетками при побудові підземних опорних мереж. Вказано на деякі помилки при викладенні методики компарування в попередніх виданнях нормативних документів. Показано правильні підходи щодо виконання компарування металевих рулеток.

Ключові слова: компарування, рулетка, похибка, точність.

При побудові маркшейдерських опорних мереж в підземних і гірничих виробках в загальному обсязі польових робіт завжди значну частину займає вимірювання довжини сторін в полігонометричних ходах. В останні десятиріччя досягнуті значні успіхи щодо розробки нових і вдосконалення існуючих приладів для маркшейдерських та геодезичних лінійних вимірювань, а також методів обробки отриманих результатів (наявність різноманітних конструкцій радіо- та світловіддалемірів, світловіддалемірних насадок на теодоліти, електронних тахеометрів, лазерних рулеток різних модифікацій і ін.). Всі вони, за винятком світловіддалеміра МСД-1м, не виготовляються у вибухобезпечному виконанні. Останній, хоч і є вибухобезпечним, але настільки громіздкий, незручний і непрактичний при вимірюванні в підземних умовах діючої шахти, що не одержав розповсюдженості серед маркшейдерів-виробничників і застосовується, як правило, для спеціальних робіт високої точності. Крім того, в останні часи його вдосконалення і виготовлення припинились, хоча це був єдиний вимірювальний маркшейдерський прилад для роботи в загазованій шахтній атмосфері. Тому основним робочим інструментом для вимірювання довжини сторін у підземних полігонометричних ходах залишається металева (сталева) рулетка довжиною 30 або 50 м [1].

Кожна рулетка повинна бути прокомпарована вимірюванням довжини компаратора за відповідною методикою [1]. Оскільки стаціонарних компараторів, які б періодично проходили атестацію (зовнішню або внутрішню) немає, науковці і виробничники користуються, як правило, спеціальним еталоном (контрольним метром), виготовленим із спеціального сплаву, рівняння довжини якого визначено в спеціалізованій метрологічній лабораторії і періодично поновлюється

Нами проаналізовано кілька офіційних нормативних джерел, виданих за останні роки, якими могли керуватись маркшейдерські служби шахт чи інших добувних підприємств, на які поширюються положення державного метрологічного нагляду під час контролю безпеки умов праці у відповідності з Законом України «Про метрологію і метрологічну діяльність» [2].

Аналізу підлягали, як викладені методики виконання робіт по компаруванню рулеток, так і оцінка точності компарування у співставленні з вимогами відповідних інструкцій. В діючій [1] інструкції методику виконання робіт не викладено, але вказано, що середня квадратична похибка, обчислена за відхиленням п'яти компарувань на стаціонарному компараторі у прямому і зворотному напрямках від середнього значення і віднесена до довжини рулетки не повинна перевищувати 1:30000. В попередній [3] (за хронологією) інструкції в п.8.4.1. вказано нате, що рулетки повинні бути прокомпарованими з відносною похибкою 1:15000. В інструкції

[4] також не було приділено уваги методиці компарування рулеток і лише вказано, що при побудові на денній поверхні полігонометричних ходів 2-го розряду рулетки та стрічки, які застосовуються для вимірювання довжини сторін, можуть бути прокомпаровані на польовому компараторі, що забезпечує точність еталонування не нижче 1 : 40000 довжини вимірювального приладу.

І тільки в нормативному документі [5] п'ятдесятирічної давності авторам вдалось знайти більш чіткі інструкції щодо методики компарування металевої рулетки за допомогою контрольного метра зі зразком запису результатів компарування в зручній відомості і оцінкою точності компарування. Саме цей формуляр для запису переходить «з покоління в покоління» маркшейдерів і, оскільки тут же наведено приклад оцінки точності, його й приймають як зразок обчислення без критичного аналізу. Між тим, слід вказати на помилковість обчислень, неправильність остаточних результатів компарування і, як слідство, невідповідність (іноді недопустиму) вимогам інструкції. Компарування за допомогою контрольного метра, як відомо, виконується вимірюванням кожного метра рулетки між її метровими поділками кількома незалежними відліками в прямому та зворотному ходах. Таким чином, кожний метр рулетки, визначений з кількох вимірювань, має два остаточних значення (для прямого та зворотного напрямів), з яких обчислюють середні арифметичні, а сумуванням останніх одержують істину довжину рулетки (з врахуванням поправок за довжину метра і температуру) і поправку за компарування.

В той же час різниці значень  $t$  між середніми значеннями метрових інтервалів рулетки з прямого та зворотного напрямів при  $n$  інтервалах є класичним матеріалом для обчислення за формулами теорії похибок [6]:

середньої квадратичної похибки довжини метрового інтервалу рулетки за результатами однорідних подвійних вимірювань

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum u^2}{2n}} \quad (1)$$

середньої квадратичної похибки загальної довжини рулетки

$$M = \pm m \sqrt{n} = \pm \sqrt{\frac{\sum u^2}{2}} \quad (2)$$

середньої квадратичної відносної похибки компарування рулетки довжиною  $L$  м

$$\frac{M}{L} = \frac{m\sqrt{n}}{L} = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{n/m}} \quad (3)$$

В [5] деякі формули наведено з помилками, оскільки укладачами інструкції було закладено неправильні міркування при обчисленнях. Так, відхилення  $u$  у формулі (1) ними взяті не як різниці між результатами подвійних рівноточних незалежних вимірювань, що закладено в теорію виведення формул, а між одним з відліків на даному інтервалі і середнім значенням між двома крайніми відліками, тобто замість  $t_i$  фігурує  $t_i/2$ . Можливо, автори намагались «компенсувати» спотворення результату, виключивши цифру 2 зі знаменника у формулі (1). В результаті обчислень середня квадратична похибка  $t$  виявляється заниженою у  $\sqrt{2}$  разів і загальний результат - помилковим. У наведеному в інструкції прикладі обчислена відносна похибка складає 1:42000, але, якщо її знайти за правильною методикою та формулами (1,2,3), то вона дорівнюватиме 1:30000, що знаходиться на межі допустимого.

Вважається, що при наведеній методиці оцінки точності деякі джерела похибок не виказують свого впливу через компенсацію при знаходженні різниць, тобто з різниць буде виключено систематичні похибки, які діють односторонньо для того самого прилада (в даному разі контрольного метра), і середня квадратична похибка одного вимірювання буде зменшеною. Це положення справедливе, при вимірюваннях в реальному середовищі з мінливими умовами. Якщо ж компарування відбувається в приміщенні при стабільних умовах, то саме відсутність систематичної похибки (в наведеному прикладі вона складає 0,02 мм) свідчить про надійність результатів, а її наявність - про небажане зовнішнє впливання чи неточність взяття відліків. При сумнівних результатах, а також для підвищення точності слід повторити компарування іншим контрольним метром. Найбільш об'єктивним результатом було б одержання поправки на двох різних компараторах, створених за різними принципами: компарування на всю довжину рулетки і окремо кожного її метра. Цілком очевидно, що для цього треба спорудити зовнішній компаратор з ґрунтовими або стінними центрами, ретельно виміряти довжину інтервалів, скласти його паспорт та отримати відповідне свідоцтво.

#### Висновки:

1. при складанні нормативних документів необхідно приділяти увагу описанню методик виконання компарування металевих рулеток на різних видах компараторів для метрологічного забезпечення маркшейдерських вимірювань;
2. деякі розробки і зразки обчислень минулих видань мають помилки, які треба враховувати при користуванні цими нормативами;
3. на основі теоретичних міркувань показано правильну методику компарування за допомогою контрольного метра;
4. доцільно передбачити роботи по створенню мережі компараторів з приданням їм відповідного паспорта в регіонах, де виконуються маркшейдерські вимірювання.

#### Бібліографічний список

1. КД 12.06.203-2000 Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та Мінлалівенерго України, Київ, 2001. — С. 21—35.
2. Правила безпеки у вугільних птахах: НПАОП 10.0-01 -05. -К., 2005. -С. 413.
3. Инструкция по производству маркшейдерских работ. — М.: Недра, 1987. - С. 6—47.
4. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ. - Л.: Недра, 1971. - 359 с.
5. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ. - М.: Углетехиздат, 1959. - 368 с.
6. Папазов. М. Г. Теория ошибок и способ наименьших квадратов / М. Г.Папазов, С. Г. Могильный. - М.: Недра, 1968.-С. 46-49.

© Мирний В. ВІ Матлаєва І. В., 2011.  
розрізах. Інструкція. —

Aunranua  
Abstract