

УДК 531.7

Л. В. Коломієць, д.т.н., К. О. Подоострець, к.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ПОВІРКА АБО КАЛІБРУВАННЯ ТАХЕОМЕТРІВ?

Представлено аналіз процедур метрологічного контролю тахеометрів. Наведені константи та поправки, що контролюються під час калібрування тахеометрів. Перелічені похибки кутомірної та віддалемірної частин тахеометрів. Розглянуті параметри тахеометрів, що необхідно контролювати під час повірки. Докладно розглянуті варіації застосування різних технічних засобів та методів вимірювання при калібруванні. Представлено альтернативні методи розрахунку середньої квадратичної похибки вимірювання відстаней тахеометрами. Проаналізовано міжнародний підхід до проведення ремонту, повірки та калібрування тахеометрів. Запропоновано розробити нормативно-правовий акт, що визначає критерії компетенції проведення робіт з ремонту, умови та правила проведення ремонту засобів вимірювальної техніки.

Ключові слова: тахеометри, повірка, калібрування, ремонт.

DOI 10.32684/2412-5288-2018-1-12-29-36

Вступ

Точність визначення великих лінійних розмірів є важливою задачею сучасної науки і техніки. Точність лінійних вимірювань у значній мірі залежить від кваліфікації спеціалістів, що проводять вимірювання та засобів вимірювання. Засоби вимірювання, у свою чергу, потребують вчасного та якісного метрологічного забезпечення. В даний час для здійснення вимірювань великих лінійних розмірів широко застосовуються світловіддалеміри та електронні тахеометри, іноді GNSS приймачі. Вказані засоби вимірювань підлягають контролю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У відповідності з частиною 1, статті 17 Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» законодавчо регульовані засоби вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, підлягають періодичній повірці та повірці після ремонту. Перелік категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці, встановлюється постановою Кабінету міністрів України № 374 від 4 червня 2015 р. «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці». У відповідності з цією постановою, та статтею 3 Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» тахеометри, що використовуються в топографо-геодезичних, картографічних, гідрометеорологічних роботах, роботах із землеустрою, роботах, пов'язаних з визначенням параметрів будівель, споруд і території забудови обов'язково підлягають періодичній повірці [1, 2].

Разом з тим, тахеометри, що використовуються в якості еталонів повинні бути калібровані, а їх простежуваність повинна бути документально підтверджена сертифікатами калібрування [3–5].

Аналізуючи міжнародний підхід в сфері технічного регулювання відносно тахеометрів можна виділити дві основні процедури контролю їх точнісних характеристик: калібрування та верифікація (повірка) [6, 7]. Калібрування тахеометрів здебільшого стосується вимірювання значень різноманітних констант та поправок з встановленою невизначеністю, в той час як верифікація (повірка) стосується порівняння показів тахеометру з еталонами, що мають відповідну метрологічну простежуваність [8].

Калібрування передбачає запис моделі роботи тахеометра та визначення характеристик кожного її елемента. Верифікація (повірка), навпаки, не ставить за мету дослідження елементів моделі, а передбачає оцінку середньої квадратичної похибки вимірювання тахеометру. Такий підхід не вимагає дослідження принципів роботи тахеометра та його елементів. Також, тахеометри, як і інші засоби вимірювальної техніки можуть піддаватися процедурі ремонту або регулювання – зміні параметрів приладу з метою усунення систематичних похибок.

Більшість сучасних тахеометрів працюють за принципом вимірювання кількості цілих довжин хвиль генерованого сигналу та будь-якої частини довжини хвилі, що залипилася, на відстані між тахеометром та відбивачем. Вимірювання досягається шляхом відбиття сигналу назад на приймач тахеометра, де в більшості випа-

дків здійснюється вимірювання різниці фаз [9, 10]. У деяких тахеометрах використовуються альтернативні методи: зміна частоти для отримання нульової фази, а також використання імпульсного методу.

Беручи до уваги складність конструкції геодезичних приладів треба зазначити, що на жаль в Україні відсутні вимоги щодо правил виконання ремонту, наявності персоналу та робочих місць [11].

Аналізуючи конструкції сучасних тахеометрів та світовий досвід підвищення точності геодезичних вимірювань, можна виділити наступні параметри тахеометрів, що вимірюються під час калібрування.

Постановка завдання

Зараз серед користувачів тахеометрів існує деяка плутанина щодо вибору процедури контролю геодезичних засобів вимірювання. Необхідно визначити які геодезичні засоби вимірювання підлягають періодичній повірці, а які калібруванню. Які саме похибки, константи та поправки необхідно знати для проведення вимірювань з необхідною точністю.

Похибки кутомірної частини тахеометрів.

До параметрів, що підлягають контролю відносять: значення колімаційної похибки, горизонтальні напрямки, приведені до початкового, а також місце зеніту і зенітні відстані, неперпендикулярність осі обертання зорової труби до осі обертання аліадади, середня квадратична похибка вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, а також остаточний вплив ексцентриситету вертикального кола на вимірюваний вертикальний кут і ексцентриситету аліадади на вимірюваний горизонтальний кут.

Середня квадратична похибка вимірювань горизонтального напрямку одним повним прийомом визначається за формулою [4]

$$S_N = \gamma \cdot \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{n-1} (N_{ij} - N_{ie})^2}{v}}, \quad (1)$$

де N_{ij} – горизонтальні напрямки виміряні одним повним прийомом;

N_{ie} – еталонні значення горизонтальних напрямків;

$v = (n - 1) \cdot p$ – кількість ступенів свободи;

n – кількість виміряних горизонтальних напрямків;

p – кількість повних прийомів вимірювань горизонтальних напрямків,

γ – коефіцієнт, множенням на який встановлюється верхня границя довірчого інтервалу для σ та обчислюється за формулою

$$\gamma = \sqrt{\frac{v}{\chi_{1-\alpha}^2(v)}}, \quad (2)$$

де $\chi_{1-\alpha}^2(v)$ – коефіцієнт χ^2 -розподілу, що вибирається з ISO 17123-1.

Сучасні тахеометри не мають пристроїв, що дозволяють обертати лімба при нерухомому трегері і аліададі, тому вони не можуть мати ексцентриситет лімба горизонтального кола, проте мають двосторонню систему зчитування, що дозволяє практично виключити вплив ексцентриситету аліадади на вимірюваний горизонтальний кут і вплив ексцентриситету вертикального кола на вимірюваний вертикальний кут.

Постійні віддалеміра тахеометра та відбивача.

Відбивачем лазерного променя зазвичай служить призматичний відбивач з пристроєм, що дозволяє встановлювати його в певній точці і орієнтувати в потрібному напрямку. Вказаний відбивач може використовуватись в комплекті з тахеометрами для вимірювання відстані до певної точки. Спеціалісту, що працює з тахеометром, перед початком вимірювань необхідно ввести з клавіатури тахеометра значення постійної відбивача, під якою слід розуміти поправку, що коректує визначення відстані (вісь тахеометра – вісь відбивача) та представляє собою довжину відрізка від осі обертання відбивача до точки відбиття променя.

Оскільки віртуальний електрооптичний початок або центр віддалеміра, що входить до складу тахеометра, як правило, не розташований на одній вертикальній осі з тахеометром, для правильного визначення відстані від вертикальної осі тахеометра повинна бути введена поправка в усі результати вимірювання відстаней. Ця поправка зазвичай називається постійною віддалеміра, що компенсує різницю між механічними і електрооптичними центрами інструменту. Частина шляху вимірювальний сигнал проходить в електронних компонентах, а також в середовищі відбивача, показники заломлення яких відрізняються від показників заломлення атмосфери, а отже і відрізняються швидкості поширення сигналу. Постійна тахеометра встановлюється виробником при його виробництві та вводиться в програму для автоматичного врахування.

Шкала віддалеміра тахеометра.

Похибки, що пропорційні довжині вимірюваної лінії можуть виникати з причин варіації

частоти модуляції. Їх ще називають похибками масштабу. Для контролю цих параметрів використовують частотоміри та інше обладнання для порівняння вихідної частоти з опорною. Масштабна похибка у віддалемірах тахеометрів викликана перш за все дією генераторів, а також передавальних та приймальних діодів. Основним джерелом складової похибки поза межами тахеометру є неправильна поправка на швидкість проходження променю в атмосфері. Найбільш значною складовою похибки генератора є його залежність від температури. Частота генератора залежить від того, скільки часу віддалемір знаходиться в експлуатації. Під час роботи, робоча температура віддалеміра зростає, що викликає розігрівання генератора, а це в свою чергу викликає зміну частоти. Виробники тахеометрів, при їх виробництві, визначають частоту при різних температурах за допомогою кліматичних камер.

Циклічні похибки віддалеміра тахеометра.

Циклічна похибка проявляється на основній частоті при старінні компонентів віддалеміра та проникненні електромагнітних або оптичних перешкод у приймаючому каналі. Їх ще називають короткими періодичними похибками. Циклічна похибка обумовлена не лінійністю амплітудної модуляції фазової і несучої вимірюваної хвилі. Ця циклічна похибка змінюється через модульовану довжину хвилі. Циклічна похибка зазвичай має синусоїдальний характер з довжиною хвилі, рівною «одиниці довжини» блоку віддалеміра тахеометра. Знак і розмір похибки залежать від того, чи знаходиться вимірювана величина в діапазоні «одиниці довжини» блоку віддалеміра тахеометра. «Одиниця довжини» блоку віддалеміра дорівнює половині довжини хвилі модуляції. Сучасні тахеометри мають зазвичай мінімізовані циклічні похибки, але вони можуть змінюватись з часом.

Калібрування тахеометрів можливе в декількох варіаціях застосування різних технічних засобів та методів вимірювання:

- 1) лабораторні автоколімаційні установки + базисні лінійні геодезичні полігони;
- 2) лабораторні автоколімаційні установки + лабораторні базисні лінійні стенди для контролю постійних віддалемірів + стенди для контролю частоти віддалемірів + базисні лінійні геодезичні полігони;
- 3) модернізовані лабораторні автоколімаційні установки (з непрямыми відстанями) + тахеометри вищої точності [6].

Перший варіант – найбільш поширений серед метрологічних лабораторій, що займаються повіркою та калібруванням засобів вимірюваль-

ної техніки геодезичного призначення.

Конструкція та правила створення базисних лінійних геодезичних полігонів дають можливість визначення всіх необхідних типів похибок і констант для калібрування віддалемірної частини тахеометрів з необхідною точністю. Рекомендовані довжини базисів є 24, 48, 72, 96, 192, 288, 384, 480, 984, 1488, 2016, 3000 метрів. Загальний ухил траси не повинен перевищувати 1/20.

Зазвичай, при наявності базисних лінійних геодезичних полігонів, за допомогою різних методик вимірювання базисів можливо визначити величину циклічної похибки, похибки шкали та постійної віддалеміра. Вимірювання коротких відстаней допомагають визначити постійну віддалеміра, а вимірювання великих – похибку шкали. Однією з цілей конструкції та правил створення базисних лінійних геодезичних полігонів є забезпечення того, щоб постійна віддалеміра та похибка шкали визначалися незалежно від будь-яких внесків циклічної похибки.

При калібруванні на базисних лінійних геодезичних полігонах тахеометр завжди повинен бути захищений парасолькою та витриманий при зовнішніх умовах на протязі однієї години. За допомогою введення в меню тахеометра значення температури та тиску на рівні таких, які виробник заклав як «стандартні», треба досягти нульової атмосферної поправки 0 ppm (виключенням є тахеометри, віддалемір яких є імпульсним або «одиниця довжини» блоку віддалеміра дорівнює нулю). Значення висоти тахеометра та відбивача повинні бути занесені до меню тахеометра. Вимірювання температури та тиску необхідно здійснювати за допомогою термометрів та барометрів, що встановлені біля тахеометру та відбивача до, під час та після проведення вимірювань.

Кожна контрольована еталонна відстань підлягає десятикратному вимірюванню. За необхідності, після кожного виміру здійснюється повторне наведення на ціль. В результаті вимірювання потрібно вводити поправки відповідно атмосферних умов, що були зафіксовані під час спостережень.

Чим точніше необхідно провести дослідження тахеометра, тим більшу кількість комбінацій вимірювань на базисних лінійних геодезичних полігонах необхідно провести. Наприклад, від точки Т0 послідовно провести вимірювання до точки Т1, Т2, Т3 і т.д. Потім, від точки Т1 до точок Т0, Т2, Т3 і т.д. до останньої. Комбінації вимірювань, що застосовуються для проведення калібрування зазвичай регулюються значенням «одиниці довжини» блоку віддалеміра тахеометра (пов'язано з визначенням циклічної похибки) та доступними еталонними базисами.

Другий варіант – поширений серед метрологічних лабораторій виробників, а також деяких офіційних авторизованих дилерів, що займаються продажем, гарантійним та післягарантійним обслуговуванням засобів вимірювальної техніки геодезичного призначення.

Наприклад, акредитована лабораторія фірми Leica Geosystems, Швейцарія видає сертифікати калібрування відповідно міжнародного стандарту ISO/IEC 17025 за чотирма рівнями калібрування [7].

Сертифікат «gold» передбачає, що вимірювання під час калібрування тахеометру були проведені за допомогою еталонів, що мають простежуваність до національних еталонів з зазначенням притаманних невизначеностей вимірювань. Такі сертифікати необхідні для підтвердження певного технічного забезпечення у сферах законодавчо регульованої метрології. До переліку процедур, що виконуються під час такого рівня калібрування входить контроль констант та поправок у межах лабораторії (кутомірні вимірювання і вимірювання відстаней до 122 м), на базисному лінійному геодезичному полігоні, вимірювання частоти модуляції у кліматичній камері.

Сертифікати «silver» та «bronze» передбачають, що під час калібрування визначена середня квадратична похибка вимірювання, з зазначенням деякої інформації про результати вимірювання. Вимірювання проводяться в обмеженій кількості в умовах лабораторії.

Сертифікат «blue» не передбачає зазначення будь якої інформації про якісні показники вимірювань, а лише підтверджує відповідність тахеометра технічним вимогам за методикою, що затверджена виробником. Такі сертифікати необхідні для підтвердження формальних можливостей власника, наприклад при тендерних процедурах.

Зазначені два варіанти, як правило, передбачають залучення мінімум двох спеціалістів для проведення робіт з калібрування блоку віддалеміра тахеометра. Більш того, при проектуванні базисних лінійних геодезичних полігонів необхідно враховувати наступні фактори:

- топографічні та геоморфологічні особливості місцевості;
- ґрунтово-рослинний покрив (перевагу слід віддавати ділянкам з трав'яним покриттям);
- відсутність, по можливості, контакту з гідрографією і сільськогосподарськими угіддями;
- стійкість регіону в сейсмічному відношенні, відсутність явищ техногенного характеру;
- висоту проходження променя візування уздовж траси;
- відсутність перешкод для вимірювань;

- транспортну доступність;
- відсутність чергувань тінювих і яскраво освітлених ділянок.

Всі вказані фактори, у сукупності з необхідністю оренди земельної ділянки, особливостями застосування базисних лінійних геодезичних полігонів ставлять задачу об'єднання еталонних засобів для контролю кутомірної і віддалемірної частини в єдиний вимірювальний комплекс, зведенні до мінімуму впливу зовнішніх факторів на весь процес контролю та повного виключення всіх проблем пов'язаних з проектуванням, побудовою і застосуванням геодезичних полігонів [9].

Третій варіант дозволяє залучати до робіт з калібрування лише одного спеціаліста, при цьому підвищити швидкість проведення робіт.

Оцінювання невизначеності вимірювання постійної віддалеміра тахеометра проводять за допомогою контролю зигзагоподібних відстаней, відтворюваних оптичною системою, або за допомогою оптичного волокна в умовах лабораторії в наступній послідовності:

- приводять тахеометр вищої точності до нульової атмосферної поправки, фіксують умови навколишнього середовища в лабораторії та заносять їх в протокол,
- згідно вимог експлуатаційної документації встановлюють тахеометр вищої точності на нульовій точці (якщо використовуються зигзагоподібні відстані - висота відбивача та тахеометра повинні співпадати),
- спрямовують візир на відображення центра відбивача, розташованого наприкінці відтворюваних відстаней,
- за еталонне значення відтворюваної відстані приймають середнє значення серед десяти вимірювань тахеометром вищої точності (з урахуванням атмосферної поправки), знімають тахеометр з нульової точки,
- приводять тахеометр, що досліджується до нульової атмосферної поправки, фіксують умови навколишнього середовища в лабораторії та заносять їх в протокол,
- згідно вимог експлуатаційної документації встановлюють тахеометр, що досліджується на нульовій точці (якщо використовуються зигзагоподібні відстані – висота встановлення, повинна співпадати з висотою тахеометра вищої точності, що був встановлений раніше),
- спрямовують візир на відображення центра відбивача, розташованого наприкінці відтворюваних відстаней,
- проводять десять вимірювань відтворюваної відстані та вносять атмосферну поправку у результати вимірювань,
- повторюють вимірювання на різних дов-

жинах відтворюваних відстаней.

Обчислюють значення постійної віддалеміра тахеометра за встановленою методикою [8].

Результати калібрування на базисних лінійних геодезичних полігонах, лабораторних автоколімаційних установках, стендах для контролю частоти віддалемірів, лабораторних установках з притаманними невизначеностями та значення вимірюваних констант мають бути записані в свідоцтвах про калібрування.

Верифікація (повідка) тахеометра ставить за мету оцінку середньої квадратичної похибки вимірювання. Деякі методики повірки передбачають визначення масштабної частоти та постійної віддалеміра.

Основні характеристики, що контролюються під час повірки тахеометрів:

- середня квадратична похибка вимірювання горизонтальних кутів,
- середня квадратична похибка вимірювання вертикальних кутів,
- середня квадратична похибка вимірювання відстаней [10].

Середня квадратична похибка вимірювання кутів здійснюється на лабораторних автоколімаційних установках шляхом багатократного вимірювання кутів.

Середня квадратична похибка вимірювання відстаней здійснюється на базисних лінійних геодезичних полігонах або модернізованих лабораторних автоколімаційних установках (з непрямыми відстанями) з тахеометрами вищої точності.

Найчастіше значення середньої квадратичної похибки вимірювання для кожної контрольованої відстані розраховується за формулою [10]

$$m_{S_j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (S_{oj} - S_{ij})^2}{n_j}}, \quad (3)$$

де m_{S_j} – середня квадратична похибка вимірювання j -ої лінії,

S_{oj} – еталонне значення j -ої лінії,

S_{ij} – вимірне значення j -ої лінії i -м прийомом,

n_j – кількість вимірювань j -ої лінії (зазвичай 10),

Значення середньої квадратичної похибки кожної контрольованої відстані порівнюється з допустимою величиною середньої квадратичної похибки для цієї відстані, що розраховується за формулою, наведеною виробником.

$$S_L = \tilde{a} + \tilde{b} \cdot L \cdot 10^{-6},$$

де \tilde{a} – постійна складова похибки, яка розраховується за формулою

$$\tilde{a} = \gamma \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - L_{ic})^2}{v}}, \quad (4)$$

де L_i – вимірні значення віддалей;

L_{ic} – еталонні значення віддалей довжиною до 100 м;

$v = n$ – кількість ступенів свободи.

\tilde{b} – змінна складова похибки, яка змінюється в залежності від вимірюваної відстані, та розраховується за формулою

$$\tilde{b} = \max \left\{ \frac{|L_i - L_{ic}| - t_a \cdot \tilde{a}}{t_b \cdot L_{ic}} \right\} \cdot 10^6, \quad (5)$$

де L_i – вимірні значення віддалей;

L_{ic} – еталонні значення віддалей довжиною понад 100 м;

t_a, t_b – коефіцієнти розподілу Ст'юдента,

що вибирається з ISO 17123-1.

Також, в світовій практиці зустрічаються досить екзотичні методи розрахунку середньої квадратичної похибки вимірювання відстаней тахеометрами. Так, наприклад Royal Institution of Chartered Surveyors, Велика Британія пропонує наступну методику [5].



Рисунок 1 – Схема базисного лінійного геодезичного полігону, що складається з 5 пунктів

- Встановлюють тахеометр на нульову точку А та приводять до нульової атмосферної поправки;

- проводять трьохкратні вимірювання кожної відстані по наступній схемі: А-В, А-С, А-D, А-Е, вводять атмосферну поправку та обчислюють середні значення довжини кожної відстані;

- розраховують абсолютні похибки для кожної відстані ϵ ;

- обчислюють квадрати розрахованих похибок ϵ^2 ;

- розраховують середню квадратичну похибку вимірювання відстаней за формулою

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \varepsilon^2}{n}}, \quad (6)$$

де n – кількість контрольованих відстаней.

Отримане значення похибки порівнюється з допустимою величиною середньої квадратичної похибки для максимальної відстані, що контролюється під час вимірювань. Відкритим питанням залишається коректність сумування абсолютних похибок, що притаманні різним контрольованим відстаням та використанням в формулі значення кількості контрольованих відстаней.

Зазвичай в свідоцтві про перевірку тахеометрів вказують значення середніх квадратичних похибок, що були отримані під час перевірки. Також, наводять допустиме значення похибок, в границях якої перебувають характеристики тахеометра, що контролюють. Іноді, в свідоцтві наводять тільки підтвердження відповідності приладу вимогам технічної документації, баз зазначення кількісних характеристик визначених похибок.

Ремонт.

У міжнародній практиці прийнято, що у випадку зміни параметрів тахеометру, з метою усунення систематичних похибок акредитованим персоналом, проводять його регулювання з обов'язковим зазначенням констант у документації до і після коригування. Історія змін повинна бути збережена на весь час експлуатації тахеометра.

На жаль в Україні відсутня необхідна нормативна база для регулювання діяльності у сфері ремонту засобів вимірювальної техніки. Споживач захищений від потрапляння на ринок не повірених законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, завдяки тому, що суб'єкти господарювання, які випускають з ремонту законодавчо регульовані засоби вимірювальної техніки повинні проводити їх перевірку в уповноважених організаціях. При цьому відсутні вимоги щодо персоналу, робочих місць, правил виконання ремонту і т. д. [11].

Висновки

Проаналізувавши вище зазначене, можна зробити висновки, що обов'язково підлягають періодичній повірці тахеометри, які використовуються в топографо-геодезичних, картографічних, гідрометеорологічних роботах, роботах із землеустрою, роботах, пов'язаних з визначенням параметрів будівель, споруд і території забудови.

Процедурі калібрування підлягають тахеометри, що використовуються в якості еталонів науковими метрологічними центрами, держав-

ними підприємствами, які належать до сфери управління Міністерства економічного розвитку і торгівлі України та провадять метрологічну діяльність, а також повірочними лабораторіями, які уповноважені на проведення перевірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки. У свідоцтвах про калібрування таких тахеометрів повинна бути наведена інформація, щодо визначених констант та поправок і невизначеності вимірювань.

Необхідно розробити нормативно-правовий акт, що визначає критерії компетенції проведення робіт з ремонту, умови та правила проведення ремонту засобів вимірювальної техніки. Це сприятиме реалізації положень Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» щодо забезпечення єдності вимірювань, дозволяє фіксувати всі регулювання та ремонти тахеометрів, а також синхронізує роботу українських і європейських сервісних центрів з ремонту та обслуговування тахеометрів.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 5 червня 2014 року № 1314-VII // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 30, ст.1008.
2. Постанова Кабінету міністрів України «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці» від 4 червня 2015 р. № 374.
3. Наказ Міністерства економічного розвитку і торгівлі України «Про затвердження Критеріїв, яким повинні відповідати наукові метрологічні центри, державні підприємства, які належать до сфери управління Міністерства економічного розвитку і торгівлі України та провадять метрологічну діяльність, та повірочні лабораторії, які уповноважуються або уповноважені на проведення перевірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації» від 23.09.2015 № 1192. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 7 жовтня 2015 р. за № 1213/27658.
4. Проект ДСТУ Метрологія. Теодоліти і тахеометри. Метрологічні та технічні вимоги. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.metrology.org.ua/files/8_DSTU_teodolit.doc.
5. EDM Calibration, Edition 2; (2007); Royal Institution for Chartered Surveyors (RICS) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://communities.rics.org/gf2.ti/f/200194/426586.1.1/PDF/-/EDM_calibration_2nd_ed_GN_2008.pdf.

6. Коломиєць Л. В. Метрологический контроль тахеометров / Л. В. Коломиєць, К. А. Подостроєць // Компетентность: научно-технический журнал. – 2014. – № 3/114. – С. 36–40.

7. Сертифікати калібрування Leica Geosystems. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://leica-geosystems.com/nl-be/services-and-support/product-services/calibration-services/calibration-certificates>.

8. Kolomiets L. V. The evaluation of measurement uncertainty of total station spermanence / L. V. Kolomiets, K. A. Podostroets // Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». – 2015. – № 6. – P. 606–610.

9. Коломиєць Л. В. Метрологічне забезпечення засобів вимірювання великих лінійних розмірів / Л. В. Коломиєць, К. О. Подостроєць // Научно-технический и производственный журнал «Металлургическая и горнорудная промышленность». – 2014. – № 4(289). – С. 102–105.

10. Подостроєць К. О. Метрологічне забезпечення геодезичних вимірювань / К. О. Подостроєць, Л. В. Коломиєць, О. Ф. Дяченко та ін. – Одеса: Бондаренко М. О., 2017. – 208 с.

11. Коломиєць Л. В. Щодо деяких питань метрологічного законодавства / Л. В. Коломиєць, В. В. Горін, К. О. Подостроєць, Є. С. Чистяков // Збірник наукових праць ОДАТРЯ. – 2017. – Вип. 1(10). – С. 6–9.

References

1. Zakon Ukrainy «Pro metrolohiuu ta metrolohichnu diialnist» vid 5 chervnia 2014 roku # 1314-VII // Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR), 2014, # 30, st.1008.

2. Postanova Kabinetu ministriv Ukrainy «Pro zatverdzhennia pereliku katehorii zakonodavcho rehulovanykh zasobiv vymiriuvanoi tekhniki, shcho pidliahaiut periodychnii povirtsi» vid 4 chervnia 2015 r. # 374.

3. Nakaz Ministerstva ekonomichnoho rozvytku i torhivli Ukrainy «Pro zatverdzhennia Kryte-riiv, yakym povynni vidpovidaty naukovi metrolohichni tsentry, derzhavni pidpriemstva, yaki nalezhat do sfery upravlinnia Ministerstva ekonomichnoho rozvytku i torhivli Ukrainy ta provadiat metrolohichnu diialnist, ta povirochni laboratorii, yaki upovnovazhuiutsia abo upovnovazheni na provedennia povirky zakonodavcho rehulovanykh

zasobiv vymiriuvanoi tekhniki, shcho perebuvaiut v ekspluatatsii» vid 23.09.2015 # 1192. Zareiestrovano v Ministerstvi yustytysii Ukrainy 7 zhovtnia 2015 r. za # 1213/27658.

4. Proekt DSTU Metrolohiia. Teodolity i takheometry. Metrolohichni ta tekhnichni vymohy. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: https://www.metrology.org.ua/files/8_DSTY_teodoli_t.doc.

5. EDM Calibration, Edition 2; (2007); Royal Institution for Chartered Surveyors (RICS) [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: https://communities.rics.org/gf2.ti/f/200194/426586.1.1/PDF/-/EDM_calibration_2nd_ed_GN_2008.pdf.

6. Kolomiec L. V. Metrologicheskij kontrol' taxeometrov / L. V. Kolomiec, K. A. Podostroec // Kompetentnost': nauchno-texnicheskij zhurnal. – 2014. – № 3/114. – S. 36–40.

7. Sertyfikaty kalibruvannia Leica Geosystems. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://leica-geosystems.com/nl-be/services-and-support/product-services/calibration-services/calibration-certificates>.

8. Kolomyets L. V. The evaluation of measurement uncertainty of total station spermanence / L. V. Kolomiets, K. A. Podostroets // Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». – 2015. – № 6. – P. 606–610.

9. Kolomiets L. V. Metrolohichne zabezpechennia zasobiv vymiriuvannia velykykh liniinykh rozmiriv / L. V. Kolomiets, K. O. Podostroets // Nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal «Metallurgicheskaja i gornorudnaja promyshlennost'». – 2014. – № 4(289). – S. 102–105.

10. Podostroets K. O. Metrolohichne zabezpechennia heodezychnykh vymiriuvan / Podostroets K. O., Kolomiets L. V., Diachenko O. F. ta in. – Odesa: Bondarenko M. O., 2017. – 208 s.

11. Kolomiets L. V. Shchodo deiakykh pytan metrolohichnoho zakonodavstva / L. V. Kolomiets, V. V. Horin, K. O. Podostroets, Ye. S. Chystiakov // Zbirnik naukovih prac' Odes'koï derzhavnoi akademii tehničnogo reguluvannâ ta âkosti. – 2017. – Vyp. 1(10). – S. 6–9.

Надійшла до редакції: 23.05.2017

Л. В. Коломиєц, д.т.н., К. А. Подостроец, к.т.н.

ПОВЕРКА ИЛИ КАЛИБРОВКА ТАХЕОМЕТРОВ?

Представлен анализ процедур метрологического контроля тахеометров. Приведены константы и поправки, которые контролируются во время калибровки тахеометров. Перечислены ошибки угломерной и дальномерной частей тахеометров. Рассмотрены параметры тахеометров, которые необходимо контролировать во время поверки. Подробно рассмотрены варианты применения различных технических средств и методов измерения при калибровке. Представлены альтернативные методы расчета средней квадратичной погрешности измерения расстояний тахеометрами. Проанализирован международный подход к проведению ремонта, поверки и калибровки тахеометров. Предложено разработать нормативно-правовой акт, определяющий критерии компетенции проведения работ по ремонту, условия и правила проведения ремонта средств измерительной техники.

Ключевые слова: тахеометры, поверка, калибровка, ремонт.

L. V. Kolomiets, K. O. Podostroiets

VERIFICATION OR CALIBRATION OF TOTAL STATION?

The analysis of procedures of metrological control of total stations is presented. Specifics of total stations metrological control are considered. As an example, the Odesa reference linear basis of geodesic polygon consisting of 7 fundamental geodesic stations situated on the plain seismically safe site is presented. A number of problems concerning the use of the existing standards are stated. The concept of a new method of total stations metrological control is proposed. The purpose of the new method is to create an additional stage of metrological control to allow qualitative and efficient metrological control of total stations that had not been subject to verification procedure previously due to various reasons. Investigations in connection with the use of the new method of total stations metrological control were carried out on the existing experimental reference base. The article presents the calculation of the mean-square error in measuring distances by way of multiple measuring the reference base lines. Current instruments for measuring large linear distances as well as the existing methods of their metrological control are examined. The peculiarities of metrological control of total stations are considered and the task of its simplification by combining standard measuring instruments for metrological control of distance and angle measurements in a single measuring instrument are formulated. The peculiarities of metrological control of total stations are considered and the task of its simplification by combining standard measuring instruments for metrological control of distance and angle measurements in a single measuring instrument are formulated. Classification of geodetic measuring instruments depending on the location and conditions of their metrological control is proposed. The constants and corrections that are monitored during the calibration of total stations are given. The angle and distance parts of total station errors are listed. The parameters of total stations that need to be monitored during verification are considered. The variants of application of various technical means and methods of measurement during calibration are considered in detail. Alternative methods for calculating the mean square error of distance measurements using total stations are presented. An international approach to the repair, verification and calibration of total stations has been analyzed. It is proposed to develop a normative legal act to define the criteria for the competence of carrying out repairs, conditions and rules for repairing measuring instruments and devices.

Keywords: total station, verification, calibration, repairs.