

There has been observed that dependability of high-rise building depends on mechanical-and-physical properties system "building-soil foundation", a geometrical configuration that characterizes the stress-strain state all system.

Analysis of mechanical-and-physical properties of soil foundation with the reliability evaluation and their decision were fulfilled.

The formula for a definition of root-mean-square error slump of soil foundation depends upon determining deformation error of separate soil layer was deduced.

The calculation model system presented as elastic nail of variable rigidity with the establishment of it basic conditions was considered.

The analysis of established functional connection between models of soil foundation and building with the definition of the mean square error of calculates the value modulus of subgrade reaction was fulfilled.

Random vector errors that influence on the uniqueness definition characteristics of the stress-strain state system were considered and analyzed.

The methodology of construction the space geodetic network of building with detail analysis of all errors is represented.

The simulated result of the strain deformable system is given. The calculation of permissible error building was fulfilled.

Keywords: *geodetic accuracy; modeling; soil parameters.*

Надійшла до редакції

02.05.2017

УДК 528.48

О.М. Самойленко, *д-р техн. наук, професор,*
О. В. Адаменко, *канд. техн. наук, доцент*
Київський національний університет будівництва і архітектури
Б.П. Кукарека, *старший науковий співробітник*
ДП «Всеукраїнський науково-виробничий центр стандартизації,
метрології, сертифікації та захисту прав споживачів»
(ДП «Укрметртестстандарт»)

ПРОБЛЕМА ВІДТВОРЕННЯ ЕТАЛОННОЇ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ОПТИЧНОЇ ОСІ ПІД ЧАС ПОВІРКИ ТА КАЛІБРУВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ

Нині у світі у виробників приладів немає єдиної технічної політики в галузі калібрування приладів для вимірювання вертикального площинного кута відносно горизонтальної площини. Для калібрування теодолітів і тахеометрів, нормована середня квадратична похибка вимірювань якими становить 0,5" або 1", потрібні еталонні прилади та методика вимірювань ними, що дало б змогу відтворювати горизонтальну оптичну вісь з розширеною невизначеністю, не більшою за 0,3". В роботі виконано опис та аналіз найбільш поширених методів, використовуваних у світі для відтворення горизонтальної візирної осі. Як показано у роботі,

застосування цих методів є недоцільним, оскільки вони або занадто важкі в реалізації, або несамодостатні, або відтворюють горизонтальну візирну вісь з недостатньою точністю. Знайти рішення цієї проблеми можна за допомогою розробленої нами самодостатньої універсальної методики калібрування будь-яких приладів для вимірювання вертикальних кутів.

Ключові слова: *еталон, горизонтальна оптична вісь, геодезичні прилади, горизонтальна площина, метрологічні характеристики, геометричні параметри, середня квадратична похибка.*

Вступ. У наш час виробники приладів не дотримуються єдиної технічної політики в галузі калібрування приладів для вимірювання вертикального площинного кута відносно горизонтальної площини. Насамперед це стосується теодолітів і тахеометрів, які під час вимірювання вертикальних кутів виконують орієнтування у просторі своїх робочих органів за допомогою сили тяжіння Землі. Фірми-виробники, сервісні центри та метрологи для перевірки або калібрування геодезичних приладів використовують різноманітні, часто саморобні пристрої, які не є самодостатніми або не відтворюють горизонтальної площини або горизонтальної оптичної осі з достатньою точністю та які зазвичай не звіряють один з одним. Для відтворення горизонтальної площини часто використовують звичайні нівеліри, які калібрують на таких самих недосконалих пристроях. Дещо поліпшує стан справ наявність автоколімаційної установки для перевірки нівелірів АУПН [7 - 10], близько 150 зразків якої експлуатується в 10 країнах на території колишнього СРСР, але точність відтворення горизонтальної візирної чи оптичної осі за допомогою цих АУПН є недостатньою (тут і далі: термін «візирна вісь» застосовується для візуальних автоколіматорів, на освітлену марку яких можна навести геодезичний прилад, а термін «оптична вісь» – для фотоелектричних автоколіматорів, які автоматично вимірюють кут на підсвічену сітку ниток геодезичного приладу або лазерний промінь).

Для калібрування теодолітів і тахеометрів, нормована середня квадратична похибка вимірювань якими становить 0,5" або 1", потрібні еталонні прилади та методика вимірювань ними, що дало б змогу відтворити горизонтальну оптичну вісь з розширеною невизначеністю, не більшою за 0,3". Проблема полягає в тому, що до останнього часу таких еталонних приладів не було. Не було також ні методики калібрування еталонів, ні принципів побудови ієрархічних схем простежуваності відтворення та передачі одиниці площинного кута в галузі його вимірювань від горизонтальної площини.

Вважаємо обговорення наших пропозицій щодо усунення названих недоліків вельми актуальним завданням.

Аналіз досліджень і публікацій. На території України та країн СНД використовують нормативно-методичні документи з визначення геометричних параметрів та метрологічних характеристик геодезичних приладів: ГОСТ 10529-96 [1], ГКИНП 17-195-85 [2], ГКИНП 17-195-99 [3], Р50.2.024-2002 [6], МПУ 164/01-2003 [7]. У Європі та світі загалом використовують стандарти ISO, які гармонізовані в Україні як ДСТУ ISO 17123-3 [4] та ДСТУ ISO 17123-5 [5], але не знайшли тут широкого застосування.

У жодному з них не використовується еталонне обладнання для відтворення візирної чи оптичної горизонтальної осі (площини).

У розділі 8 «Методы испытаний» ГОСТ 10529-96 [1] описано і методики визначення середньої квадратичної похибки (СКП) вимірювань випробовуваними теодолітами, і визначення середнього квадратичного відхилення (СКВ) вимірів. СКП вимірювань обчислюють за похибками, що визначаються як різниця між вимірними й еталонними значеннями кутів, СКП яких має становити третину СКП досліджуваного теодоліта. СКВ визначають традиційно - за відхиленнями від середнього, але приймають за СКП. Це, на нашу думку, неправильно, адже СКП має також систематичну складову вимірювань, яка може у декілька разів перевищувати СКВ. Методів та засобів відтворення еталонних кутів й еталонної горизонтальної візирної осі в нормативному документі [1] не наведено.

Те саме можна сказати і про ДСТУ ISO 17123-3 [4] та ДСТУ ISO 17123-5 [5], якими не передбачено застосування будь-яких еталонів для визначення СКП та геометричних параметрів приладів. За результатами багаторазових вимірювань п'яти вертикальних кутів обчислюється тільки СКВ, що є недостатнім для оцінювання відповідності приладу нормованим метрологічним характеристикам та придатності його до застосування. Неможливість порівняння результатів вимірювань досліджуваним приладом з показаннями еталонного приладу, що відтворює горизонтальну візирну чи оптичну вісь, порушує основний метрологічний принцип простежуваності вимірювань.

Інструкцією Р50.2.024-2002 [6] рекомендовано використання запатентованого пристрою для атестації системи вимірювання вертикальних кутів теодоліта. Відповідно до цієї інструкції визначення метрологічних характеристик приладів (СКП) є можливим лише в лабораторних умовах за допомогою спеціальної установки й еталонної міри площинного кута. Цією інструкцією, однак, не передбачено визначення ключових геометричних параметрів досліджуваних приладів, зокрема систематичного зміщення вимірювань вертикального кута.

Згідно з МПУ 164/01-2003 [7], для повірки нівелірів, теодолітів і тахеометрів рекомендовано застосування еталонної установки автоколімаційної для повірки нівелірів АУПН [9; 10], в конструкції якої як робочий елемент відтворення горизонтальної візирної чи оптичної осі використовується вільна поверхня рідини (майже непрозорої моторної оливи). В старих модифікаціях АУПН передбачено застосування дзеркала і візуального автоколіматора, у новіших – фотоелектричного автоколіматора та дзеркала або прямокутної призми.

Відповідно до МПУ 142/01-2003 [8] для калібрування АУПН як еталона для відтворення горизонтальної візирної осі слід застосовувати два автоколіматори, наведені один на одного. Цю методику покладено в основу запропонованої у цій публікації. Нова методика значно переважає згадану за технологічністю та зручністю, а також за точністю. Крім того, нова методика є цілком відповідною світовій практиці в галузі метрології щодо відтворення та передачі одиниці фізичної величини та започатковує простежуваність результатів вимірювань вертикальних кутів до відповідних еталонів.

Постановка завдання. Метою роботи є розроблення теоретичних засад створення самодостатньої системи відтворення горизонтальної оптичної осі, відповідної сучасним вимогам щодо точності вимірювання та рівня автоматизації.

Основна частина. Виконаємо огляд й аналіз відомих схем відтворення горизонтальної оптичної осі.

Обладнання, яке відтворює горизонтальну оптичну вісь (площину) та/або дає можливість вимірювати відхилення від неї візирної осі геодезичного приладу, що використовується в лабораторіях фірм-виробників, сервісних центрах та калібрувальних лабораторіях, можна умовно поділити на декілька груп. Експертну оцінку переваг та недоліків цих груп приладів і методів, що реалізуються ними, виконано за певними критеріями, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Критерій оцінювання обладнання та/або методу	Обладнання для застосування методу відтворення горизонтальної візирної чи оптичної осі				
	Нівелір Ni 002 (Нівелір)	Нівелір та два автоколіматори	Автоколіматор і високоточний тахеометр	Автоколіматор і циліндричний рівень	Автоколіматор і поверхня рідини
Вартість комплексу обладнання	Низька	Висока	Висока	Середня	Середня
Самостійність відтворення	Немає	Присутня	Немає	Присутня	Присутня
Стабільність підтримання горизонтальної оптичної осі	Висока	Висока або середня	Середня	Середня	Висока
Зручність у користуванні	Середня	Низька	Висока	Низька	Висока
Рівень автоматизації відтворення і підтримання горизонтальної оптичної осі	Немає	Немає	Низький	Немає	Середній
Достатність точності відтворення і підтримання горизонтальної оптичної осі	Висока	Середня	Середня	Висока	Висока
Можливість вимірювань вертикального кута та досліджень похибки компенсатора приладу	Немає	Немає*	Немає*	Немає*	Присутня

Примітка. *Залежить від типу використовуваного автоколіматора.

Оцінювання, наведене в табл. 1, є досить умовним, проте дає змогу виконати порівняння і в першому наближенні оцінити переваги й ефективність застосовуваних методів і комплектів обладнання. Стисло висвітливо кожний з них.

Нівеліри принципово не можуть бути еталонними приладами для відтворення горизонтальної оптичної осі під час повірки та калібрування інших геодезичних приладів, тому що вони не є самодостатніми і стабільними. Певний виняток становлять нівеліри типу Ni 002, адже в них сітка ниток може повертатися спеціальною оптичною системою симетрично відносно горизонтальної площини, відтворюваної компенсатором приладу. Але нівеліром неможливо вимірювати вертикальні кути.

Випадкова складова компенсатора нівеліра Ni 002, згідно із заявленими метрологічними характеристиками, становить 0,05". Проте відповідно до рекомендацій [11] точність відтворення горизонтальної візирної осі нівеліром

№ 002 є нижчою через неоднорідність магнітного поля землі, вплив якого важко оцінити.

Класичною стала і схема, застосовувана багатьма фірмами-виробниками і сервісними центрами, коли між двома автоколіматорами, візирні або оптичні вісі яких спрямовані одна на одну, встановлюють нівелір. Таку схему часто застосовують у калібруванні метрологічних стендів, використовуваних для контролю метрологічних характеристик теодолітів і тахеометрів (рис. 1).

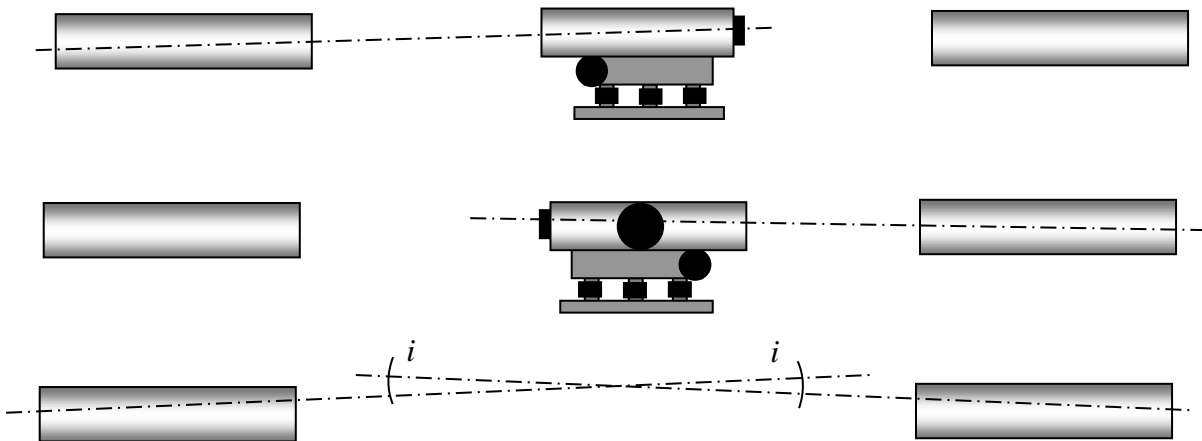


Рис. 1. Принципова схема відтворення горизонтальної візирної за допомогою двох автоколіматорів і нівеліра

Усі три засоби виміральної техніки обов'язково повинні бути сфокусовані на нескінченність. Нівелір почергово наводять на кожний автоколіматор, візирна вісь якого суміщується із сіткою ниток нівеліра у вертикальній площині. Нівелір забирають і візуально оцінюють зміщення марки другого автоколіматора відносно сітки ниток першого. Половину зміщення візуально прибирають юстуванням візирної осі першого автоколіматора, другу половину – юстуванням візирної осі другого автоколіматора, наводячи її на сітку ниток першого.

Складовими невизначеності такої процедури є систематична та випадкова складові похибки роботи компенсатора нівеліра, які можуть становити від 0,1" до 1" на 1' нахилу осі обертання приладу. З погляду класичної метрології такі прилади не можуть бути еталонними для приладів такої самої точності. Треба додати також невизначеність наведення сітки автоколіматора на сітку нівеліра від 0,3" до 0,7" та, головне, невизначеність поділу на око відстані між сітками автоколіматорів на дві рівних частини, яка може дорівнювати від 0,5" до 1,5". Невизначеність відтворення горизонтальної візирної осі за таким методом обчислюють за формулою:

$$u = \sqrt{u_k^2 + 3 \cdot u_{нав}^2 + u_{под}^2},$$

де u_k – невизначеність роботи компенсатора нівеліра; $u_{нав}$ – невизначеність наведення сітки першого і другого автоколіматора на сітку нівеліра і автоколіматорів один на одний; $u_{под}$ – невизначеність поділу на око відстані між сітками автоколіматорів.

Розраховане значення розширеної невизначеності відтворення горизонтальної візирної осі за таким методом становитиме від 0,7" до 2,2".

Схема, коли застосовують високоточний електронний тахеометр та автоколіматор для відтворення горизонтальної оптичної осі, досить поширена, але не самодостатня. В цій схемі візирна вісь автоколіматора виставляється в горизонтальне положення за допомогою тахеометра. Однак і сам тахеометр, який використовують як еталонний прилад, потрібно десь калібрувати, щоб дослідити систематичну та випадкові складові роботи його компенсатора зокрема та вимірювання вертикальних кутів загалом.

Певного поширення набула схема із застосуванням автоколіматора та високоточного рівня. Вона можлива, якщо проточений корпус автоколіматора не скріплений з ложементом, у якому він стоїть, а рівень не скріплено з автоколіматором і встановлено на ньому на спеціальній підставці (рис. 2).

За цією схемою відтворення горизонтальної візирної осі автоколіматора відбувається за умови встановлення бульбашки високоточного рівня в нуль-пункт. Похибки рівня в цій схемі компенсуються його обертанням відносно вертикальної осі на 180° .

Складовими невизначеності такої процедури є розбіжність візирної (оптичної) осі й осі зовнішнього циліндра коліматора, а також їх непаралельність. Компенсування зазначених геометричних параметрів коліматора відбувається шляхом його обертання на 180° відносно візирної осі.

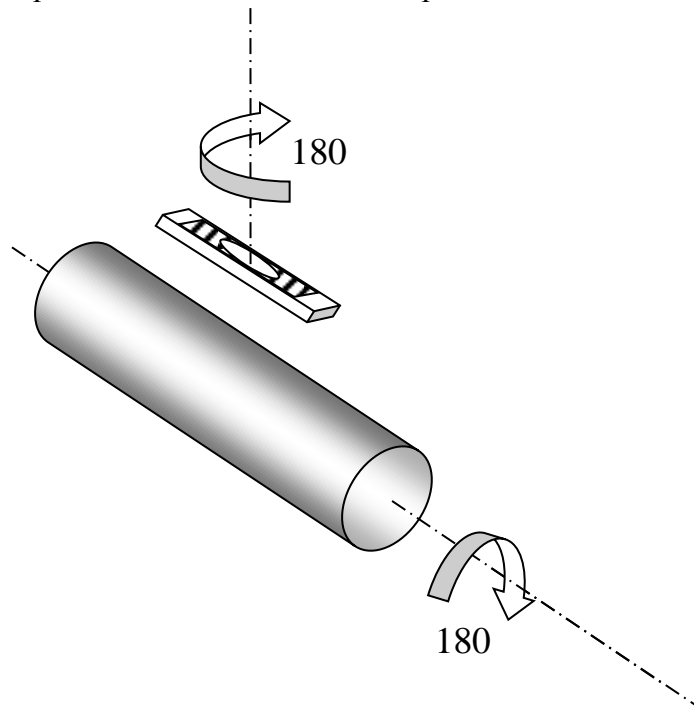


Рис. 2. Принципова схема відтворення горизонтальної візирної осі за допомогою високоточного рівня й автоколіматора

Такий комплект є самодостатнім та дає змогу відтворювати горизонтальну вісь для калібрування еталонних засобів. Проте застосування цього методу є дуже трудомісткою ручною процедурою, оскільки кожен прийом вимірювання складається з чотирьох наведень тахеометром при двох кругах (за двох положень

рівня та двох положень автоколіматора). Крім того, точність цього методу значною мірою залежить від якості виготовлення автоколіматора, ложементів та рівня, а також від впливу температурних деформацій названих пристроїв.

В Україні значного поширення набула схема, в якій як робочий елемент відтворення горизонтальної оптичної осі використовують вільну поверхню рідини. Тепер таку схему реалізовано для приладу АУПН [7; 9; 10] у двох варіантах – під час застосування автоколіматора з візуальним окуляром та фотоелектричним перетворювачем.

На нашу думку, відтворення горизонтальної візирної осі за допомогою поверхні рідини та автоколіматора з візуальним окуляром не вирішується з достатньою точністю. Тільки застосування автоколіматорів з фотоелектричним перетворювачем (ФП) може забезпечити розширену невизначеність вимірювань вертикальних кутів під час відтворення горизонтальної осі на рівні $0,2'' - 0,3''$. Викладена в роботі [7] методика перевірки (за новим законодавством – калібрування) АУПН правильна за суттю, але трудомістка і не дає змоги досягти потрібної точності.

Висновки. Зважаючи на викладене, можна стверджувати, що проблема відтворення еталонної горизонтальної візирної осі з розширеною невизначеністю, не більшою за $0,3''$, досі залишається невирішеною. Розв'язання цієї проблеми є можливим за допомогою розробленої нами самодостатньої універсальної методики калібрування будь-яких приладів для вимірювання вертикальних кутів. Обов'язкова умова реалізації методики – всі прилади повинні бути сфокусовані на нескінченність, приладів має бути не менш ніж три. Результатом буде систематичне зміщення вимірювання вертикального кута та його невизначеність за об'єктивними статистичними даними вимірювань цими приладами.

Таким чином, будь-яка фірма-виробник, сервісний центр або калібрувальна лабораторія, маючи три прилади для вимірювання вертикальних кутів, відповідних наведеним умовам, зможуть відтворювати горизонтальну площину через візирну або оптичну вісь і використовувати ці еталонні прилади для калібрування інших кутомірних приладів. Три окремі лабораторії зможуть організувати міжлабораторні порівняння результатів вимірювання вертикальних кутів, передаючи одна одній свої еталони.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *ГОСТ 10529-96*. Теодолиты. Общие технические условия, – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997 – 24 с.
2. *ГКИНП № 17-195-85*. Инструкция на методы и средства поверки теодолитов в эксплуатации. – М: Недра, 1988. – 54 с.
3. *ГКИНП (ГНТА) № 17195-99*: Инструкция по проведению технологической поверки геодезических приборов. – М: ЦНИИГАиК, – 1999. – 56 с.
4. *ДСТУ ISO 17123-3:2006*: Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических приборов и приборов для съёмки. Ч. 3. Теодолиты (ISO 17123-3:2001, IDT) – Введ. 2006-08-16. – 26 с.

5. *ДСТУ ISO 17123-5:2014*: Оптика та оптичні прилади. Польові процедури для випробування геодезичних та наглядових приладів. Ч. 5. Тахеометри (ISO 17123-5:2012, IDT) – Введ. 2006-08-16. – 20с.
6. *P50.2.024-2002*. Теодолиты и другие угломерные приборы. Методика поверки. – Н: ФГУП СНИИМ и СГГА, 2002. – 12с.
7. *Самойленко А.Н.* МПУ 164/01-2003: Метрология. Нивелиры, теодолиты, тахеометры (угломерная часть): методика поверки/ А.Н. Самойленко, В.В. Заец, А.В. Адаменко. – К.: ДП «Укрметртестстандарт», 2003. – 30 с.
8. *Самойленко А.Н.* МПУ 142/01-2003: Метрология. Установка автоколлимационная для поверки нивелиров и теодолитов АУПНТ. Методика поверки / А.Н. Самойленко, В.В. Заец, А.В. Адаменко. – К.: ДП «Укрметртестстандарт», 2003. – 16 с.
9. *Самойленко А.Н.* Метрологические характеристики и возможности модернизированной автоколлимационной установки для поверки нивелиров и теодолитов АУПНТ / А.Н. Самойленко, Ю. Ю. Глушко, Б. П. Кукарека // *Нові технології в будівництві*. – Київ: НДІБВ. – 2011. – Вип. 2 (22).
10. *Самойленко А.Н.* Опыт применения и усовершенствование установки автоколлимационной для поверки нивелиров и теодолитов АУПНТ. / А.Н. Самойленко, В.В. Заец, Б.П. Кукарека // *Матеріали міжнародної наукової конференції «Метрология и метрологическое обеспечение»*. – Минск: 2007. – С. 305 – 308.
11. *Беспалов, Ю. И.*, Лазерные маркшейдерско-геодезические измерения в строительстве / Ю. И. Беспалов, Т. Ю. Терещенко; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 227 с.

REFERENCES

1. HOST 10529-96. (1997) *Teodolyty. Obshchye tekhnicheskyye usloviya* [Theodolite. General specifications], – Moskva: YPK Yzdatel'stvo standartov, p. 24.
2. НКYNP # 17-195-85. (1988) *Ynstruktsyya na metody y sredstva poverky teodolytov v ekspluatatsyy* [Instructions on calibration methods and sredstva theodolites in operation]. – Moskva: Nedra, p.54.
3. НКYNP (HNTA) (1999) № 17195-99 *Ynstruktsyya po provedenyuu tekhnolohycheskoy poverky heodezycheskykh pryborov*. [Instructions for conducting technological heodezycheskykh calibration of instruments] – Moskva: TsNYUNHAYK, p. 56.
4. *DSTU ISO 17123-3:2006*. (2006) *Optyka y opticheskiye prybory. Metodyky polevykh uspytanyu heodezycheskykh pryborov y pryborov dlya s'emky. Chast' 3. Teodolyty* [Optics and opticheskiye instruments. Methods polevykh heodezycheskykh trials of devices and of devices for Shooting. Part 3. Theodolite] (ISO 17123-3:2001, IDT), p. 26.
5. *DSTU ISO 17123-5:2014* *Optyka ta optichni prylady. Pol'ovi protsedury dlya vyprobuvannya heodezychnykh ta nahlyadovykh pryladiv. Chastyna 5. Takheometry* [Optics and optical instruments. Field procedures for testing geodetic and supervisory devices. Part 5. Total stations] (ISO 17123-5:2012, IDT) – Ved. 2006-08-16. – p. 20.

6. R50.2.024-2002. (2002) Teodolyty y druheye uhlomernye prybory. Metodyka poverky. [Theodolite and others angle instruments. Methods of calibration.] – N: FHUP SNYYM y S·HHA [in Russian].

7. Samoylenko A.N., Zaets V.V., Adamenko A.V. (2003) MPU 164/01-2003. Metrolohyya. Nyvelyry, teodolyty, takheometry (uhlomernaya chast'). Metodyka poverky. [Level, theodolite, total station (angle part). Methods of calibration] – Kuyv: DP «Ukrmetrteststandart» [in Russian].

8. Samoylenko A.N., Zaets V.V., Adamenko A.V. (2003) MPU 142/01-2003. Metrolohyya. Ustanovka avtokollymatsyonnaya dlya poverky nyvelyrov y teodolytov AUPNT. Metodyka poverky. [Metrology. Installing calibration collimator for level and theodolites AUPNT. Methods of calibration.] – Kiyv: DP «Ukrmetrteststandart» [in Russian].

9. Samoylenko A.N., Hlushko Yu. Yu., Kukareka B. P. (2011) Metrolohycheskye kharakterystyky y vozmozhnomy modernyzyrovannoy avtokollymatsyonnoy ustanovky dlya poverky nyvelyrov y teodolytov AUPNT. Novi tekhnolohiyi v budivnytstvi. – Kyuyiv, NDIBV, 2 (22) [in Russian].

10. Samoylenko A.N., Zaets V. V., Kukareka B. P. (2007) Opyt prymenenyaya y usovershenstvovanye ustanovky avtokollymatsyonnoy dlya poverky nyvelyrov y teodolytov AUPNT. [Experience Application installation autocollimator for calibration level and theodolites AUPNT] / // Materialy mizhnarodnoyi naukovoї konferentsiyi «Metrolohyya y metrolohycheskoe obespechenye.» (pp. 305 – 308). Mynsk [in Russian].

11. Bespalov, Yu. Y., Tereshchenko, T. Yu. (2010) Lazernye marksheydersko-heodezycheskye yzmerenyaya v stroytel'stve [laser geodetic measurements in the construction]. SPbHASU [in Russian].

А.Н. Самойленко,

А. В. Адаменко,

Б.П. Кукарека

ПРОБЛЕМА ВОССОЗДАНИЯ ЭТАЛОННОЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ОСИ ДЛЯ ПОВЕРКИ И КАЛИБРОВКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

На данный момент в мире производителей приборов не существует единой технической политики в области калибровки приборов для измерений вертикального плоского угла относительно горизонтальной плоскости. Для проведения калибровки теодолитов и тахеометров, нормированная средняя квадратическая погрешность измерений которыми составляет 0,5 "или 1", необходимы эталонные приборы и методика измерений ними, позволяющие воссоздать горизонтальную оптическую ось с расширенной неопределенностью не более 0,3.

В работе выполнено описание и анализ наиболее распространенных методов, используемых в мире для воспроизведения горизонтальной визирной оси. Как показано в работе, использование этих методов нецелесообразно. Такие методы являются либо слишком трудоемкими в реализации, или

несамодостаточними, или воспроизводят горизонтальную визирную ось с недостаточной точностью. Решение этой проблемы возможно с помощью разработанной нами самодостаточной универсальной методики калибровки любых приборов для измерения вертикальных углов.

Ключевые слова: эталон, горизонтальная оптическая ось, геодезические приборы, горизонтальная плоскость, метрологические характеристики, геометрические параметры, средняя квадратическая погрешность.

**O.M. Samoilenko,
O. V. Adamenko,
B.P. Kukareka**

THE PROBLEM OF THE INDICATION OF VISUAL REFERENCE HORIZONTAL AXIS DURING GEODETIC EQUIPMENT VERIFICATION AND CALIBRATION

There is no single engineering policy existing worldwide among the manufacturing companies in the field of equipment calibration designed for measuring of the vertical angle in relation to the horizontal plane. Manufacturing companies, service centers and dimensional engineers – all of them use different and even often hand-crafted verification and calibration instruments to standardize geodetic equipment that do not indicate the visual horizontal axis with the decent accuracy and they do not compare their data against each other. We need reference units indicating horizontal visual axis with expanded uncertainty not more than 0,3" and measuring procedures to carry out the calibration of the theodolites and tachymeters with the mean-square error of each comprises 0,5" or 1". The question at issue is there were no such reference units until recently. There were neither calibration procedure for the reference units, nor construction principles to the strategy of making hierarchy chart to render the unit of the plane angle in the field of its measuring from the horizontal plane.

The point of this article is in the development of the theoretical basis to the creation of the self-sustaining system of indication of the visual horizontal axis that corresponds to the modern demands of the data accuracy and automation level. This article includes the description and analysis of the most accepted methods of indication of the visual horizontal axis in the world. These methods are either too tough to use, or they not self-sustained, or do not have the adequate level of accuracy, and as the result it is inappropriate to use them further. To solve this problem we need to generate a self-sustained universal procedure of calibration to all types of equipment for vertical angles measuring.

Key words: standard, horizontal optical axis, geodetic instruments, horizontal plane, metrological characteristics, geometric parameters, mean square error.

О.В. Кучер, канд. техн. наук,
І. С. Куриляк, канд. техн. наук,
НДІ геодезії і картографії
В. С. Староверов, канд. техн. наук,
професор кафедри інженерної геодезії
Н. К. Кошелюк, студентка кафедри інженерної геодезії
Київський національний університет будівництва і архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ ТРАНСФОРМУВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ, ТОПОГРАФО-КАРТОГРАФІЧНИХ ТА КАДАСТРОВИХ МАТЕРІАЛІВ У СИСТЕМУ КООРДИНАТ УСК-2000

Розглянуто основні вимоги до трансформування координат, методи трансформування координат та фактори, які впливають на якість трансформування.

Детально досліджено трансформування координат за методом скінченних елементів, а саме створення трансформаційного поля у вигляді TIN-моделі та GRID-моделі. Визначено властивості цих моделей та встановлено їх відповідність основним вимогам створення трансформаційного поля.

Як приклад наведено алгоритм створення трансформаційного поля м. Одеса для переходу від координат, визначених в місцевій системі координат, утвореної від СК-42, до системи координат УСК-2000.

Ключові слова: система координат, трансформування, трансформаційне поле.

Вступ. Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України «Деякі питання застосування геодезичної референцної системи координат» виконання топографо-геодезичних та картографічних робіт, починаючи з 1 січня 2007 р., здійснюється із застосуванням Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000, яка є похідною від Міжнародної земної референцної системи ITRS/ITRF2000.

Для впровадження та застосування УСК-2000 в топографо-геодезичній галузі однією з основних задач є встановлення зв'язків з місцевими системами координат та переведення картографічних матеріалів до сучасної координатної основи. Вирішити поставлене завдання можна разом з реконструкцією міських і місцевих геодезичних мереж.

Останніми роками завдяки використанню ГНСС-технологій можливою є фактична заміна класичних геодезичних систем типу СК-42 на однорідні і точніші реалізації Міжнародної земної референцної системи ITRS. Крім того, у зв'язку з побудовою комбінованих геодезичних мереж на базі сумісної обробки ГНСС та класичних наземних даних триангуляцій розв'язання такої задачі, як перехід від планових координат локальної системи (LRS) до геоцентричної (WGS84/ITRF) системи координат, стало одним з нагальних завдань геодезії [2].

Одним з основних завдань для координатної основи України є перетворення координат та переведення наявних картографічних матеріалів в