

## КОНТРОЛЬ СТАБІЛЬНОСТІ ІНТЕРВАЛІВ ВЗІРЦЕВОГО ГЕОДЕЗИЧНОГО БАЗИСУ

© Тревого І.С., Денисов О.М., Самойленко О.М., 2007

*Аналізуються результати еталонування Яворівського геодезичного базису, виконані установкою вищої точності, GPS-методом та атестованим високоточним електронним тахеометром. Встановлено, що інтервали базису виміряні з високою точністю, різниці результатів не перевищували 1 мм.*

*Testing results based on the high-accuracy equipment, GPS-technology and total station were processed and analyzed at the Yavoriv precise geodetic base. By this, every section of the whole base was obtained with accuracy, that not high 1 mm.*

**Постановка проблеми.** У сучасному геодезичному і кадастровому виробництві більшість лінійних вимірювань виконують найпоширенішими приладами – топографічними світловіддалемірами, електронними тахеометрами, і лазерними рулетками. Для забезпечення єдності лінійних вимірювань ці прилади потрібно періодично еталонувати на взірцевих лінійних геодезичних базисах. В основу метрологічної атестації віддалемірів покладені нормативні документи, згідно з якими метрологічна перевірка приладів здійснюється на взірцевих лінійних базисах 2-го розряду, точність яких –  $1,5 \cdot 10^{-6}$ .

Взірцевий базис закріплюється центрами спеціальних конструкцій, які максимально сприяють стабільності інтервалів базису. Взірцеві базиси в різних країнах відрізняються типами центрів, конструкцією і довжиною базису, а також технологією еталонування (інтерферометри, прецизійні світловіддалеміри, інварні дроти тощо).

Необхідність еталонування світловіддалемірів пов'язана зі зміною з часом постійної поправки приладу, частоти модуляції, циклічної похибки тощо. А якість еталонування істотно залежить і від кількості взірцевих базисів в країні. Тобто для забезпечення єдності лінійних вимірів потрібно здійснювати метрологічний моніторинг віддалемірної техніки.

**Зв'язок з сучасними науково-технічними програмами і нормативними документами.** Метою Державної науково-технічної програми розвитку топографо-геодезичної діяльності [1] є створення національної геодезичної системи відліку, модернізація і розвиток всіх геодезичних мереж на якіснішому рівні, що неможливо без метрологічного забезпечення геодезичних вимірів, яке має важливе значення в підвищенні ефективності і якості робіт.

В Україні має бути єдина програма метрологічної атестації і перевірки геодезичних приладів. Для метрологічного забезпечення лінійних вимірів вона повинна регламентувати кількість, побудову, атестацію і технологію використання взірцевих геодезичних базисів.

**Аналіз публікації за темою досліджень.** Як свідчить міжнародний досвід, в країні має бути достатньо розвинена мережа взірцевих геодезичних базисів. Враховуючи сучасні масштаби геодезичних робіт, в Україні доцільно мати не менше за 1–2 базисів 2-го розряду на область. Але поки що в Україні створено і функціонує близько 10 взірцевих базисів. Тому питання побудови взірцевих базисів, які протягом певного часу виконують на місцевості метрологічну функцію збереження одиниці довжини, має принципове державне значення.

У Львівській політехніці накопичено вагомий досвід створення взірцевих лінійних геодезичних базисів для атестації і перевірки приладів групи “Т” [5,6,7,8,9,10 та інші], збудовано ряд базисів та розроблено рекомендації із оптимізації конструкції і довжин базисів, обґрунтовано вибір місця розташування базису, запропоновано стійкі в часі металеві трубчасті центри – знаки для закріплення пунктів базису, визначено методику метрологічного контролю стабільності інтервалів взірцевих геодезичних базисів методом GPS та вдосконалену методику еталонування віддалемірів тощо. Більшість результатів досліджень впроваджено у виробництво і визнано метрологами.

**Мета досліджень.** Збудований взірцевий геодезичний базис атестує метрологічна галузь країни. Як правило, це робить ННЦ “Інститут метрології” і видає відповідне свідоцтво. Але центри закладених пунктів лінійних базисів можуть перебувати в динамічному стані і періодично виникає необхідність у повторних контрольних вимірюваннях інтервалів (ліній) базисів.

Нині для цього найдоцільніше застосовувати мобільний, швидкий, ефективний і точний GPS-метод, який досліджується нами вже понад 10 років і дає позитивні результати. Вдосконалення методики контролю стійкості центрів і стабільності інтервалів базисів за допомогою супутникових технологій пов’язане з пріоритетним використанням високоточних приймачів супутникових сигналів і особливо високостабільних антен, ретельним відбором підставок і станових гвинтів, якісною перевіркою фазового центра антени тощо. Зазначена, а також оптимальна оцінка тривалості і кількості сесій спостережень, геометрії супутників та їхньої кількості тощо сприяє розробленню надійної технології GPS-контролю стабільності інтервалів взірцевих геодезичних базисів 2-го розряду. Крім того, важливо оцінити одержаний результат альтернативними високоточними методами.

**Експериментальні роботи і аналіз одержаних результатів.** У 2003 році на території Яворівського багатофункціонального наукового геодезичного полігону (НГП) між населеними пунктами Вербляни і Коти був збудований новий сучасний взірцевий геодезичний базис [6,8] з урахуванням результатів попередніх досліджень. Напрямок траси базису північ – південь. Його довжина 2260 м. Базис закріплено металевими трубчастими центрами (20 центрів, включаючи фазову дільницю). Профіль базису має вигляд увігнутої кривої, з метою забезпечення видимості усіх центрів з початкової та кінцевої точок. Умови місцевості сприяють тривалому збереженню базису.

Висоти центрів Яворівського взірцевого базису визначені з нівелювання II класу. Перша атестація інтервалів (ліній) взірцевого базису виконана установкою вищої точності, основною частиною якої є прецизійний лазерний світловіддалемір ПЛД-1М (точність 0,1 мм). Атестація здійснена фахівцями ННЦ “Інститут метрології” (Харків). За її результатами ННЦ “Інститут метрології” видав свідоцтво про державну метрологічну атестацію нового взірцевого геодезичного лінійного базису 2-го розряду.

Як вже зазначалось вище, необхідно вести періодичний контроль стійкості пунктів і стабільності інтервалів базису. Використання для цього установок вищої точності є трудомістким, тому для щорічних контрольних вимірювань інтервалів Яворівського взірцевого базису застосовано швидкий і мобільний GPS-метод. Всього виконано чотири GPS-кампанії в 2003, 2005, 2006 і 2007 роках. Для спостережень використовували двочастотні приймачі фірми Trimble. У 2003 році здійснено 2 компанії спостережень приймачами Trimble 4000SSE та Trimble 5700 влітку і, тільки Trimble 5700, в кінці жовтня. В наступні роки використовували приймачі Trimble 5700 і лише в 2005 році додатково задіяні двочастотні приймачі HIPERplus. Для супутникових спостережень використовували високостабільні антени Zephyr geodetic. При всіх визначеннях здійснювали дослідження положення фазового центру антени. Як правило, супутникові спостереження тривали 3 доби. Попередньо планували хід спостережень і склали робочий графік спостережень [6,8]. Результати спостережень опрацьовані програмним пакетом Trimble Geodetic Office. Додатково були використані програмні пакети GAMIT Global та Graf Net.

Результати експерименту дали змогу порівняти інтервали взірцевого базису, отримані з GPS спостережень з еталонними значеннями, встановленими установкою вищої точності. З порівняння виявлено, що точність супутникових визначень інтервалів базису є на рівні 1 мм. Така точність дає змогу використовувати спеціальну методику супутникових спостережень для контролю стабільності інтервалів взірцевих базисів 2-го розряду.

Становить значний інтерес точність вимірювання коротких інтервалів взірцевого базису, наприклад, між пунктами фазової дільниці. Для цього був поставлений додатковий експеримент з визначення коротких інтервалів Яворівського взірцевого базису від інтервалу 1–2 до інтервалу 15–16 методом супутникових спостережень та атестованим високоточним електронним тахеометром (ЕТ) Trimble 5601 DR-Standart № 81410003, який належить Укрметртестстандарту. GPS спостереження виконані двочастотним приймачем Trimble 5700 за програмою попередніх експериментальних спостережень, а лінійні атестаційні вимірювання здійснювалися ЕТ Trimble 5601 п’ятьма прийомами. Вимірюванню підлягали похилі лінії з визначенням горизонтальних проекцій та перевищень. Точність центрування ЕТ, відбивачів, антен GPS приймачів на пунктах базису становила 0,2 мм. Паспортна точність ЕТ Trimble 5601 становить 0,5–0,6 мм.

Результати вимірювання малих інтервалів взірцевого базису наведені у таблиці, в яку також внесено кілька результатів вимірювань інтервалів в 2003 р. за допомогою лазерного віддалеміра ПЛД-1М. Аналізуючи дані таблиці, можна переконатись, що всі отримані значення інтервалів взірцевого базису відхиляються від еталонного значення не більше ніж на 1 мм.

Таблиця

### Порівняння інтервалів Яворівського взірцевого базису

Інтервали взірцевого базису	Інтервали базису отримані: (м)		
	з GPS спостережень 2006 р.	тахеометром Trimble 5601 2006 р.	установкою вищої точності ПЛД-1М 2003 р.
1-2	4,9821	4,9816	4,9820
2-3	5,5462	5,5469	5,5464
3-4	4,5029	4,5031	4,5031
4-5	1,0052	1,0046	-
5-6	0,9984	0,9982	-
6-7	0,9939	0,9943	-
7-8	0,9960	0,9954	-
8-9	1,0028	1,0036	-
9-10	0,9956	0,9955	-
10-11	1,0000	0,9993	-
11-12	0,9984	0,9994	-
12-13	1,0009	1,0002	-
13-14	1,0085	1,0083	-
14-15	104,6324	104,6318	104,6327
15-16	110,3290	110,3291	110,3288

### Висновки та рекомендації

1. На Яворівському науковому геодезичному полігоні (Львівська область) створено взірцевий лінійний геодезичний базис 2-го розряду для метрологічної атестації і перевірки GPS приймачів, світловіддалемірів, електронних тахеометрів, лазерних рулеток тощо, атестований ННЦ “Інститут метрології” і відкритий для використання підприємствами і організаціями різної форми власності.

2. Розроблена і реалізована методика оперативного контролю інтервалів взірцевого базису за допомогою супутникових спостережень. Досягнута висока точність – до 1 мм, визначення довжин як великих (в сотнях метрів і кілометрах), так і малих (від метра до кількох десятків метрів) інтервалів, що повністю відповідає вимогам щодо точності взірцевих базисів 2-го розряду –  $1,5 \cdot 10^{-6}$ .

3. Виконані експериментальні GPS-кампанії 2003, 2005, 2006, 2007 рр. для контролю інтервалів базису забезпечили високу точність – до 1 мм їх визначень, що дає підстави для розроблення технології оперативного контролю взірцевих геодезичних лінійних базисів 2-го розряду.

1. Державна науково-технічна програма розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування на 2003-2010 роки (Затверджено Постановою КМ України від 16 січня 2003 р. № 37). 2. Пушкаръов Г.П., Оголюк В.П., Купко В.С., Соболев В.В. Передумови створення еталона одиниці довжини для віддалеметрії // Вісник геодезії та картографії. – 1996. – №1(5). – С.37–42. 3. РТМ 68-8.12-85. Общие технические требования к образцовым базисам для контроля геодезических дальнометров. – М.:ЦНИИГАиК,1985. 4. Сидоренко Г.С., Тревого И.С., Прокопов А.В., Занимонский Е.М. Геодезия и метрология. Особенности сотрудничества в современную эпоху // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб.наук.пр.ЗГТ.-Львів,-2005. – С.50–56. 5. Тревого И.С. Взірцеві базиси для еталонування світловіддалемірів // Вісник геодезії і картографії. – 1995. – №1, С.39–44. 6. Тревого И.С., Савчук С.Г., Денисов О.М., Волчко П.І., Новий взірцевий геодезичний базис // Вісник геодезії і картографії. – 2004. – №1. – С.12–16. 7. Тревого И., Савчук С., Денисов О., Дзуліт П., Глотов В., Волчко П. Науковий геодезичний полігон для метрологічної атестації геодезичних приладів та технологій // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб.наук.пр.ЗГТ. – Львів. – 2005. – С.33–42. 8. Тревого И.С., Денисов О.М., Виват О.М., Купко В.С., Самойленко О.М. Створення та еталонування Яворівського взірцевого лінійного геодезичного базису із застосуванням новітніх технологій // Метрологія та вимірювальна техніка. – Харків. – 2006. – Т.2. – С.87–91. 9. Kostecka J., Trevogo I. Praktical aspects of using GPS // FIG XXI International Congress. Brighton (UK). – 1998. – P.1–6. 10. Тревого И.С. Контроль інтервалів взірцевих базисів прецизійними світловіддалемірами і GPS-методом // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва в Україні. – Львів. – 1996. – С.71–73.