

УДК 528.32

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ АТЕСТАЦІЇ СУЧАСНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ТЕХНІКИ НА НАУКОВОМУ ГЕОДЕЗИЧНОМУ ПОЛІГОНІ

І. Тревого, І. Цюпак

Національний університет “Львівська політехніка”

В. Купко

Національний науковий центр “Інститут метрології”, Харків

**Ключові слова:** метрологічна атестація, еталонний лінійний базис, еталонна фундаментальна геодезична мережа, GPS-технологія.

Сучасні геодезичні прилади забезпечують високу точність вимірювань, відсутність похибки відліку спостерігача, а деякі роботизовані електронні прилади – похибки наведення. Результати вимірювань записуються на носії пам'яті, що дає змогу використовувати виміри одразу в програмі для їх опрацювання або виконувати обробку вимірів у режимі реального часу.

Разом з цим зростають вимоги до метрологічної атестації та моніторингу підтримування одиниці вимірювання незмінною і відповідною еталону. На сучасному етапі найпоширеніші лінійні вимірювання, а також вимірювання фази несучої хвилі, наприклад, в сучасній супутниковій технології – глобальних навігаційних супутникових системах (GNSS).

Еталонування і передавання еталонної одиниці вимірювань для геодезичних приладів виконують на робочих еталонах, які, як відомо [3], поділяють на розряди: перший, другий, третій і четвертий. Віддалемірні пристрої електронних тахеометрів та світловіддалеміри, а також одночастотні приймачі супутникових сигналів систем GNSS, як правило, тестують на еталонних геодезичних базисах 1-го (точність  $\pm (0,6 \text{ мм} + 1 \text{ мм} \cdot 10^{-6} \times L)$ ) або 2-го (точність  $\pm (1 \text{ мм} + 2 \text{ мм} \cdot 10^{-6} \times L)$ ) розрядів. Для метрологічної атестації двочастотних приймачів GNSS необхідно використовувати фундаментальні геодезичні мережі точності робочого еталона першого розряду.

Проаналізуємо забезпечення метрологічної атестації сучасних геодезичних приладів на Яворівському науковому геодезичному полігоні (НГП).

З 1996 р. і до сьогодні на Яворівському НГП виконується щорічний моніторинг одиниці довжини робочих еталонів і стабільності місцеположення їх пунктів [5–10]. Розвиток НГП привів до зосередження зусиль на двох метрологічних об'єктах [3, 5] (рис. 1):

- 1) еталонній фундаментальній геодезичній мережі;
- 2) еталонному лінійному базисі.

На використання цих метрологічних об'єктів НГП отримано нові свідоцтва від ННЦ “Інститут метрології” [3]. Зазначимо, що еталонна фундаментальна геодезична мережа і еталонний лінійний базис НГП призначені для виконання завдань метрологічного за-

безпечення геодезичного виробництва. До таких завдань належать:

- забезпечення єдності вимірів під час виконання геодезичних робіт і досліджень;
- аналіз і встановлення оптимальних норм точності вимірювань та допусків під час контролювання якості геодезичних вимірів;
- розроблення і впровадження у виробничий процес методик виконання вимірювань, що гарантують необхідну точність геодезичних робіт;
- організація і виконання високоточних (прецизійних) вимірювань;
- упровадження сучасних технологій та засобів вимірювань, зокрема розроблення методики і дослідження точності GPS-нівелювання;
- оцінювання економічної ефективності витрат на метрологічне забезпечення.

Крім цього, одним з основних завдань є робота над підвищенням ефективності метрологічного забезпечення.

Метрологічне забезпечення – це встановлення та застосування метрологічних норм і правил, а також розроблення або проектування, створення та застосування технічних засобів (еталонних фундаментальних геодезичних мереж і еталонних лінійних базисів), необхідних для досягнення єдності і потрібної точності вимірювань. Метрологічне забезпечення складається із наукової, законодавчої, нормативної, технічної та організаційної основ.

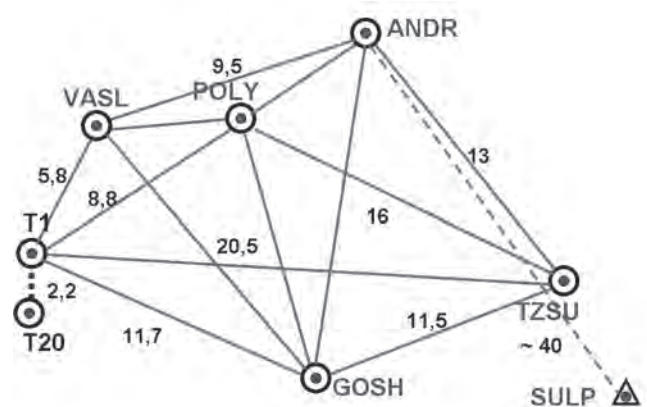


Рис. 1. Метрологічні об'єкти Яворівського НГП

Науковою основою метрологічного забезпечення є метрологія – наука про вимірювання, методи і засоби забезпечення їх єдності та способи досягнення необхідної точності.

Законодавчою основою метрологічного забезпечення є закони України, декрети і постанови Кабінету Міністрів України, які спрямовані на забезпечення єдності вимірювань і регламентують її.

Нормативною основою метрологічного забезпечення є державні стандарти та інші документи державної системи забезпечення єдності вимірювань, відповідні нормативні документи Держстандарту України [1], робочі технічні матеріали, методичні вказівки і рекомендації, які регламентують єдину номенклатуру, способи подання та оцінювання метрологічних характеристик, правила стандартизації й атестації засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), вимоги до виконання державних випробувань, перевірки, ревізії та експертизи ЗВТ.

Технічною основою метрологічного забезпечення є система:

- державних еталонів одиниць фізичних величин, яка забезпечує їх відтворення з найвищою точністю;
- робочих еталонів і зразкових ЗВТ, за допомогою яких здійснюється передавання розмірів одиниць фізичних величин робочим ЗВТ;
- робочих ЗВТ, які використовують під час наукових досліджень і розроблення методик і методів (технологій) геодезичних вимірювань.

Організаційною основою метрологічного забезпечення є метрологічна служба України, яка складається з державної та відомчих служб.

Для забезпечення метрологічної атестації сучасних геодезичних приладів та технологій вимірювань на НГП розвинені також гравіметрична і нівелірна мережі [2, 4].

За результатами щорічних кампаній GPS-спостережень у 2005–2008 рр. на пунктах фундаментальної геодезичної мережі визначено їхні координати на епоху 2005,4767 [6]. Середні квадратичні похибки (с.к.п.) координат еталонної фундаментальної геодезичної мережі наведено у табл.1, а визначені швидкості їхньої зміни  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$  з аналізу цих координат як часового ряду [6] – у табл. 2.

Проаналізувавши визначені координати пунктів, можна стверджувати, що точність еталонної фундаментальної геодезичної мережі відповідає робочому еталону 1-го розряду [6].

Еталонний лінійний базис Яворівського НГП складається з 20 пунктів [8, 10] і має довжину 2260 м, що є достатнім для метрологічної атестації і перевірки віддалемірних геодезичних приладів. Інтервали базису розраховано так, щоб не виникала похибка фазового кута віддалеміра, яка оцінюється окремо на фазовій ділянці базису. З 2003 року на еталонному лінійному базисі здійснено сім метрологічних атестацій еталонного лінійного базису різними приладами і технологіями [10]:

Таблиця 1

## С.к.п. координат пунктів еталонної мережі

Пункт	$m_x$ , м	$m_y$ , м	$m_z$ , м
GOSH	0,0020	0,0025	0,0017
ANDR	0,0068	0,0017	0,0104
TZSU	0,0030	0,0006	0,0034
VASL	0,0029	0,0034	0,0063

- прецизійним лазерним віддалеміром ПЛД1М;
- електронними тахеометрами (Trimble 5601 DR Standart і Leica TCR 1201+R400);
- двочастотними GPS-приймачами Trimble5700.

Таблиця 2

## Визначені швидкості зміни координат пунктів

Назва пункту	$V_x$ , м/рік	$V_y$ , м/рік	$V_z$ , м/рік
GOSH	-0.0181	0.0138	0.0080
ANDR	-0.0181	0.0143	0.0106
TZSU	-0.0193	0.0147	0.0088
VASL	-0.0198	0.0155	0.0097

Аналіз результатів вимірювань інтервалів базису різними методами, різними приладами і технологіями показав [10], що різниці між ними є випадковими, а величини різниць у межах допуску і відповідають тим, що отримані у попередні роки за допомогою високоточних віддалемірних приладів.

Отже, технологію GPS можна застосовувати для метрологічної атестації еталонних лінійних базисів нарівні з високоточними віддалемірними приладами.

За результатами аналізу можна зробити такі висновки:

- розроблено метод оперативного контролю інтервалів базису на основі GPS-спостережень, який забезпечує точність близько 1 мм;
- показано високу просторово-часову стабільність метрологічних об'єктів на основі багаторічного моніторингу пунктів геодезичної мережі та інтервалів лінійного базису;
- на Яворівському НГП функціонують два метрологічні об'єкти, що відповідають точності робочих еталонів 1-го розряду: еталонна фундаментальна геодезична мережа та еталонний лінійний базис;
- на Яворівському НГП створено основу науково-технічного забезпечення метрологічної атестації сучасної геодезичної техніки: GPS-приймачів, електронних і традиційних геодезичних приладів;
- ДП “Львівстандартметрологія” здійснює систематично на об'єктах Яворівського НГП атестації і перевірки ЗВТ геодезичного призначення для підприємств західного регіону України.

## Література

1. ГОСТ 8.503-84 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения длин в диапазоне 24–75000 м. – М., 1984.

2. Створення оптимальної опорної гравіметричної мережі в районі наукового геодезичного полігону / П. Дзуліт, І. Тревого, Б. Паляниця, П. Волчко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів. – 2004. – С. 17–19.
3. Сучасні геодезичні прилади і технології: науково-технічне метрологічне забезпечення / В. Друзюк, А. Мазур, І. Тревого, І. Цюпак // Метрологія та прилади. – 2010, № 3. – С. 19–26.
4. Локальне уточнення моделі гравітаційного поля в районі наукового геодезичного полігону / І. Тревого, О. Марченко, П. Дзуліт, С. Савчук, П. Волчко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів. – 2003. – С. 32–38.
5. Тревого И. Геодезический полигон для метрологической аттестации приборов и апробации технологий / И. Тревого // Геопрофи. – М., 2009. – № 4. – С. 6–12.
6. Аналіз зміни координат пунктів Яворівського наукового геодезичного полігону / І. Тревого, І. Цюпак, С. Савчук, О. Денисов, Б. Паляниця, С. Лехман // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів. – 2009. – Вип. 1(17). – С. 46–50.
7. Еталонний геодезичний базис оригінальної конструкції/ І. Тревого, О. Денисов, І. Цюпак, В. Гегер, В. Тимчук // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. – Ліга-Прес, 2010. – Вип. 1(19). – С. 43–49.
8. Стан і проблеми метрологічного забезпечення лінійних вимірювань в Україні / І.С. Тревого, В.С. Купко, О.Л. Костріков, І.М. Цюпак // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції “Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та природокористуванні”. – м. Ужгород, 28–30 жовтня 2010 р. – Ужгород. – 2010. – С. 6–11.
9. Вдосконалення еталонної геодезичної мережі наукового геодезичного полігону / І.С. Тревого, І.М. Цюпак, В.М. Друзюк, В.У. Волошин // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища – GPS і GIS-технологій (Збірник наукових праць XV міжнародного симпозиуму. – Алушта (Крим), 13–18 вересня 2010 р.). – Львів, 2010. – С. 34–36.
10. Тревого І. Еталонний геодезичний базис: аналіз результатів і нова атестація / І. Тревого, І. Цюпак, В. Гегер // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів. – 2011. – Вип. I (21). – С. 65–68.

**Забезпечення метрологічної атестації  
сучасної геодезичної техніки  
на науковому геодезичному полігоні**  
І. Тревого, І. Цюпак, В. Купко

Проаналізовано забезпечення метрологічної атестації сучасних геодезичних приладів на двох метрологічних об'єктах наукового геодезичного полігону (НГП): еталонній фундаментальній геодезичній мережі та еталонному лінійному базисі. У висновках зазначено, що метрологічні об'єкти НГП відповідають точності робочого еталона першого розряду.

**Обеспечение метрологической аттестации  
современной геодезической техники  
на научном геодезическом полигоне**  
И. Тревого, И. Цюпак, В. Купко

Проанализировано метрологическое обеспечение современной геодезической техники на научном геодезическом полигоне (НГП), который состоит из двух метрологических объектов: эталонной фундаментальной геодезической сети и эталонного линейного базиса. В выводах отмечено, что метрологические объекты НГП соответствуют точности рабочего эталона первого розряда.

**Providing metrological certification  
of modern geodetic techniques on scientific  
geodesic polygon**

I. Trevoho, I. Tsyupak, V. Kupko

The analysis of metrological certification of modern geodetic instruments at two sites of scientific metrology geodesic polygon (MGP): a test fundamental geodesic network, and a test linear basis. The conclusions indicated that reference objects MGP meet the accuracy standard first-rate work.

**II З'їзд УКРАЇНСЬКОГО ТОВАРИСТВА ГЕОДЕЗІЇ І КАРТОГРАФІЇ**

**31 жовтня – 1 листопада 2011 р.**

**м. Київ**

**www.utgk.com.ua**

**тел.: +380503706402**