

УДК 528.32

СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕТАЛОННОЇ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ GNSS-ПРИЙМАЧІВ

І. Тревого, І. Цюпак

Національний університет “Львівська політехніка”

Ключові слова: еталонна фундаментальна геодезична мережа, GNSS-виміри, GNSS-нівелювання, геодинаміка.

Постановка проблеми

Розвиток глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) ставить питання про тривимірну геодезію, а у випадку високоточних визначень координат і швидкостей їх зміни на перманентних станціях GNSS упродовж тривалого часу – і про чотири-вимірну. Четвертим виміром є епоха визначення координат пунктів. Чотири-вимірною геодезією дає змогу вирішувати завдання геодинамічного моніторингу земної поверхні.

Третьою координатою у системі геодезичних координат є геодезична висота. Для більшості геодезичних задач важливо знати виміряну або гіпсометричну висоту, тобто висоту від поверхні геоїда (певної рівневої поверхні) до фізичної поверхні Землі, вимірювану по прямовисній лінії у заданій точці. Зв'язок між геодезичною і гіпсометричною висотами можна здійснити за допомогою GNSS-нівелювання.

Отже, завдання сучасної геодезичної метрології – забезпечити не тільки перевірку самих засобів вимірювальної техніки (ЗБТ), зокрема GNSS-приймачів, для визначення місцеположення пунктів, але й технологій і методик визначення геометричних і динамічних параметрів.

Зазначимо, що для виконання GNSS-нівелювання необхідно знати поверхню геоїда. Точність моделювання поверхні геоїда залежить від детальності гравіметричного вивчення регіону, а також наявності розвинутої мережі високоточного нівелювання. Практично, точність визначення поверхні геоїда визначає точність GNSS-нівелювання.

Контроль і передача одиниці вимірювання геодезичним приладам виконується на робочих еталонах [6], якими є еталонні геодезичні базиси й еталонні фундаментальні геодезичні мережі першого і другого розряду. Одним з таких робочих еталонів є фундаментальна геодезична мережа Яворівського наукового геодезичного полігона (НГП) [2].

У статті проаналізовано проект робіт із вдосконалення еталонної фундаментальної геодезичної мережі Яворівського НГП для метрологічної перевірки сучасних електронних геодезичних ЗБТ і технологій та методик визначення параметрів наземними і супутниковими методами.

Виклад основного матеріалу проблеми

Розвиток технології GNSS, підвищення точності та детальності моделей гравітаційного поля Землі дають змогу, з певною точністю, виконувати визначення просторового місцеположення пунктів та пов'язувати геодезичні та гіпсометричні висоти, тобто виконувати точкове нівелювання фізичної поверхні Землі за GNSS-спостереженнями. Відповідно до сучасних потреб геодезичної метрології еталонна фундаментальна геодезична мережа Яворівського НГП повинна слугувати вирішенню таких завдань:

- атестації і перевірки GNSS-приймачів;
- розроблення методики і дослідження точності GNSS-нівелювання;
- вивчення змін гравітаційного поля у локальному регіоні для побудови моделі геоїда, необхідної при GNSS-нівелюванні;
- виконання експериментальних досліджень методів метрологічного контролю геодезичних ЗБТ і технологій вимірювань;
- розроблення методів та методик геодинамічного моніторингу;
- дослідження точності моніторингу геодинамічних змін земної поверхні;
- дослідження рівня змін координат пунктів та похибок їх визначення на різних інтервалах часу, викликані різними природними явищами, за сесіями GNSS-спостережень різної тривалості;
- збереження еталона визначення просторових координат з точністю робочого еталона 1-го розряду (нормативна точність – $(0,6+1 \times 10^{-6}D)$ мм [6]), а також висот відносно певної рівневої поверхні.

Метрологічна забезпеченість еталонної фундаментальної геодезичної мережі Яворівського НГП (рис. 1) формується, починаючи з 2002 р. Майже щорічно здійснюються кампанії 3–5 цілодобових сесій GNSS-спостережень [3]. З обробки цих спостережень визначено координати п'яти фундаментальних пунктів (GOSH, VASL, ANDR, TZSU, POLY), які закріплені центрами спеціальної конструкції [9] з примусовим центруванням. Протягом кількох років одночасні цілодобові спостереження виконувалися також і на крайніх пунктах (T1 і T20) еталонного геодезичного базису (рис. 1).

За координатами пунктів фундаментальної геодезичної мережі GOSH, VASL, ANDR, TZSU, визначеними щорічно протягом 2005–2008 рр., оцінено їх швидкості зміни з часом [5]. Знайдені значення швид-

костей зміни координат цих пунктів відрізняються від середніх по регіону (за такі прийнято швидкості зміни координат пункту SULP, визначені в мережі перманентних станцій IGS) відрізняються максимум на 1,9 мм/рік. Середні квадратичні похибки визначення швидкостей зміни координат з апроксимації лінійною функцією [5], як правило, менші за 1 мм/рік.

Координати пунктів, визначені з чотирьох GPS-кампаній спостережень, приведено на початкову епоху ($t_0 = 2005,4767$) і виведено їх середні значення з оцінкою точності [9]. Середні квадратичні похибки середніх значень координат коливаються в межах від 1,7 до 6,8 мм і тільки в координаті Z пункту ANDR похибка досягла 10,4 мм.

За GPS-спостереженнями 2010 р. визначені координати пунктів фундаментальної геодезичної мережі відрізняються від їх середніх значень на величину до 4 мм.

На геодезичному полігоні існують репери мережі нівелювання, переважно III класу [8]. При цьому лінії нівелювання проходили через пункти триангуляції і полігонометрії.

На території Яворівського НГП також розвинута мережа гравіметричних пунктів, виконано гравіметричне знімання і створена карта аномалій сили ваги у вільному повітрі [1, 4].

Сучасний рівень точності визначення координат пунктів дозволяє вивчати геодинамічні зміни земної поверхні. Разом з цим, для точнішого визначення геодинамічних змін земної поверхні не тільки в плані, але й по висоті необхідно забезпечити кращу густоту висотної мережі з точністю I-II класу нівелювання. Забезпечити високу густоту реперів високоточного нівелювання для всієї країни неможливо. Але за допомогою GNSS-нівелювання можна виконати точкові визначення висот пунктів, якщо забезпечити з достатньою точністю гравіметричну вивченість території.

Для того, щоб забезпечити дослідження точності виконання GNSS-нівелювання, а також точності моніторингу геодинамічних рухів земної поверхні, складено проект нівелірної мережі I класу і мережі гравіметричних пунктів на Яворівському НГП.

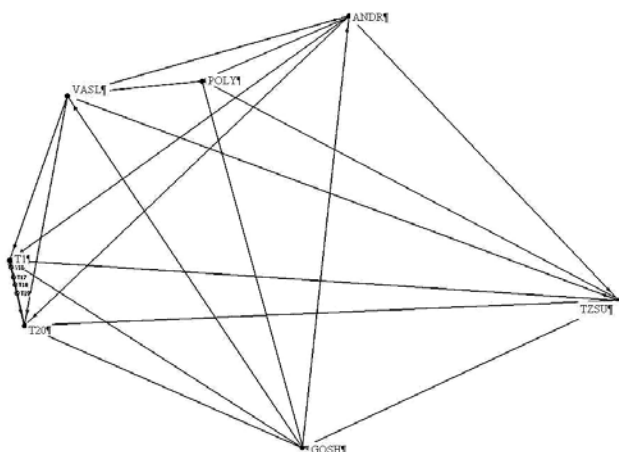


Рис. 1. Схема еталонного наукового геодезичного полігона

Лінії нівелювання за програмою I класу з'єднують усі пункти еталонної фундаментальної геодезичної мережі, а також пункти T1 і T20 еталонного геодезичного базису. Ця висотна мережа з'єднується з лінією нівелювання I класу Державної нівелірної мережі "Львів – Рава-Руська" в м. Рава-Руська, с. Добросин і м. Жовква. У результаті утворюються відповідні полігони, з врівноважування яких визначаються висоти реперів. Загальна довжина ліній нівелювання близько 150 км (рис. 2).



Рис. 2. Схема нівелірної мережі I класу Яворівського НГП

Для гравіметричної забезпеченості території Яворівського НГП планується виконати абсолютні визначення прискорення сили ваги на трьох пунктах фундаментальної геодезичної мережі за допомогою абсолютного гравіметра фірми "ЛаКоста" з похибкою близько 10 мкГал. Використовуючи ці пункти як вихідні, необхідно виконати гравіметричне знімання в радіусі 100 км навколо Яворівського НГП.

Висновки

1. Еталонна фундаментальна геодезична мережа Яворівського НГП відповідає робочому еталону першого розряду і може застосовуватися для метрологічної атестації GNSS-приймачів.

2. Проект вдосконалення і розширення можливостей фундаментальної геодезичної мережі дасть змогу здійснювати:

- розроблення методики і контроль точності GNSS-нівелювання;
- дослідження точності моніторингу геодинамічних змін земної поверхні.

Література

1. Двудіт П. Створення оптимальної опорної гравіметричної мережі в районі наукового геодезичного полігону / П. Двудіт, І. Тревого, Б. Паляниця, П. Волчко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів. – 2004. – С. 17–19.
2. Дружок В. Сучасні геодезичні прилади і технології: науково-технічне метрологічне забезпечення / В. Дружок, А. Мазур, І. Тревого, І. Цюпак // Метрологія та прилади. – 2010, № 3. – С. 19–26.
3. Савчук С. Обробка GPS-спостережень наукового геодезичного полігону / С. Савчук, І. Тревого,

- А. Віват // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. – Львів. – 2003. – С. 39–47.
4. Тревого І. 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 І. 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.
 6. Тревого І.С. 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.
 7. Тревого І.С. Вдосконалення еталонної геодезичної мережі наукового геодезичного полігону / І.С. Тревого, І.М. Цюпак, В.М. Дружок, В.У. Волошин // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища – GPS і GIS-технологій: зб. наук. пр. XV міжнародного симпозиуму. – Алушта (Крим), 13–18 вересня 2010 р.). – Львів, 2010. – С. 34–36.
 8. Тревого І.С. Еталонний науковий геодезичний полігон: етапи створення та перспективи використання / І.С. Тревого, І.М. Цюпак // Геодезія, картографія і аерофотознімання: міжвідомчий наук.-техн. зб. – Вип. 74. – Львів. – 2011. – С. 83–87.
 9. Trevoho I.S., Tsyupak I.M. Geodetic test field for certification of geodetic devices // Reports on Geodesy № 1(90), 2011. – Warsaw University of technology. – P. 503–506.

Сучасні вимоги до метрологічного забезпечення еталонної фундаментальної геодезичної мережі для перевірки GNSS-приймачів

І. Тревого, І. Цюпак

Розглянуто завдання сучасної геодезичної метрології. У ці завдання входять збереження і передавання одиниці вимірювання геодезичним приладам, а також тестування технологій та методик визначення геометричних і динамічних параметрів за наземними і супутниковими вимірами. Пропонується підхід до вирішення цих завдань.

Современные требования к метрологическому обеспечению эталонной фундаментальной геодезической сети для поверки GNSS-приемников

И. Тревого, И. Цюпак

Рассмотрено задачи современной геодезической метрологии. Эти задачи включают хранение и передачу единицы измерения геодезическим приборам, а также тестирование технологий и методик определения геометрических и динамических параметров за наземными и спутниковыми измерениями. Предлагается подход для решения этих задач.

Modern requirements for metrological support of the fundamental geodetic reference network for testing equipment GNSS

I. Trevoho, I. Tsyupak

The article deals with the task of modern geodetic metrology. These tasks include the preservation and transmission units. Geodetic and testing technologies and techniques of geometric and dynamic parameters using ground and satellite measurements. An approach for solving these problems.



6th EARSeL Workshop on Remote Sensing of the Coastal Zone

6–7 June
Matera, Italy

Web site:

www.earsel.org/SIG/CZ/6th-workshop/index