

**БЕРЕЖАНСЬКИЙ ГЕОДЕЗИЧНИЙ ПОЛІГОН:
10 РОКІВ GNSS-ВИЗНАЧЕНЬ**

© Савчук С.Г., Колгунов В.М., 2010

*Рассмотрены особенности обработки высокоточных геодезических учебных сетей,
созданных с использованием спутниковых технологий**Features of processing of the high-precision geodetic networks created with use
of satellite technologies are considered.*

Постановка проблеми. Мережа геодезичних пунктів у районі м. Бережани Тернопільської обл. вже досить тривалий період часу використовується для навчальних практик та наукових досліджень студентів та працівників Національного університету “Львівська політехніка”. У цьому районі ($\varphi \approx 49.5^{\circ}$, $\lambda \approx 25.0^{\circ}$, $H \approx 350$ м) є пункти Державної геодезичної мережі: три пункти 1-го класу, пункт 2-го класу та пункт 3-го класу, а також цілий ряд пунктів триангуляції, полігонометрії, лінійного базису різних конструкцій, класів і призначення. Загалом ця мережа об’єднує понад сотню пунктів і має назву Бережанський навчально-науковий геодезичний полігон.

Довгий час пункти геодезичного полігона використовувались у навчальних та наукових цілях і повністю відповідали своєму призначенню. Проте із застосуванням сучасної вимірювальної техніки, особливо GNSS-приймачів та електронних тахеометрів, точність вихідної координатної основи вже перестала відповідати новим реаліям. Постала нагальна потреба у модернізації геодезичної мережі навчально-наукового полігона. Під модернізацією розуміли проведення спостережної кампанії на пунктах геодезичного полігона, обробку даних спостережень та створення нового каталогу координат. Координати геодезичних пунктів планувалося отримати у сучасних реалізаціях референцної системи ITRS/ETRS89 із сантиметровою точністю. Основним пунктом мережі вважають астрономічний стовп АС-1, розташований на території бази геодезичної практики. Цей пункт отримав назву BRZH.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зважаючи на реальні можливості навчального закладу в забезпеченні сучасною вимірювальною технікою, до виконання поставленого завдання у різні роки було залучено такі організації: Державне підприємство “Укрінжгеодезія”, Тернопільський геодезичний центр, Центр державного земельного кадастру у Тернопільській обл., науково-виробничу фірму “ДОКА”, галузеву науково-дослідну лабораторію ГНДЛ-18 (Львівська політехніка). Спостереження на геодезичній мережі полігона виконувалися протягом 1999–2008 рр. різними приладами та різною тривалістю. У табл. 1 наведено основні характеристики проведених кампаній спостережень. Треба зазначити, що подібні полігони з використанням супутникових технологій створювалися у різних місцях і мали за мету метрологічну атестацію GNSS-обладнання [4, 5].

Постановка завдання. Метою цієї роботи є оцінка особливостей опрацювання багаторічних GNSS-спостережень на пунктах Бережанського геодезичного навчального полігона.

Виклад основного матеріалу. Проведення GNSS-спостережень на пунктах Бережанського геодезичного полігона (Тернопільська обл.), на якому проходили навчальну практику студенти “Львівської політехніки”, спочатку мало епізодичний характер і було спрямовано лише на використання сучасних супутникових технологій визначення положення пунктів замість класичних геодезичних методів спостережень.

За десятирічний період спостережень було проведено дев'ять GNSS-кампаній. Результати GNSS-визначень першої кампанії стали підставою для незалежної оцінки точності планової та висотної мереж полігона [1, 2]. Друга GNSS-кампанія передбачала вимірювання Бережанського лінійного базису [3].

Таблиця 1

GNSS-кампанії на Бережанському навчально-науковому геодезичному полігоні

№ кампанії	Дата	Кількість пунктів	GNSS-приймачі			Спостереження на пункті BRZH
			Модель	Тип	К-ть	
1	31.07.1999 р.	10	Trimble 4600 LS	Одночаст.	6	+
2	17-18.08.2000 р.	4	Trimble 4600 LS	Одночаст.	4	-
3	02.08.2002 р.	4	ProMark2	Одночаст.	4	-
4	22-24.08.2005 р.	9	ProMark2	Одночаст.	2	+
5	26-27.10.2005 р.	5	Leica SR399, TPS HIPER_GD	Двочаст.	2	+
6	28-30.04.2007 р.	8	Leica GX1230GG, Leica RX1250T	Двочаст.	2	+
7	23-24.06.2007 р.	1	Leica SR399	Двочаст.	1	+
8	03.08.2007 р.	2	Leica SR399, Leica SR9500	Двочаст.	2	+
9	07-08.05.2008 р.	23	Trimble5700, Trimble5800	Двочаст.	4	+

Дані спостережень опрацьовувались окремо по кожній GNSS-кампанії за допомогою програмного забезпечення Trimble Geomatics Office та Trimble Business Center у референційній системі ITRF2005 на епоху вимірювань. Вихідні координати основного пункту мережі BRZH були визначені із кампанії № 7, що проводилася одночасно із CERGOP-кампанією у період 18–24.06.2007 р., відносно перманентних станцій SULP (Львів), GLSV (Київ), JOZE (Варшава). Такий вибір саме цієї кампанії спостережень для визначення координат основного пункту мережі був зумовлений саме тривалістю спостережень. Координати були отримані за допомогою Bernese GPS Software Version 5.0 у системі ITRF2005 і переведені на епоху 2000.0. Пізніше, за змодельованими швидкостями зміни координат, одержані координати переводили на відповідну епоху спостережень та використовували як вихідні.

Отримані із 9 GNSS-кампаній координати пунктів навчально-наукового полігона були урівняні єдиним блоком. Результати такого урівнювання подано у табл. 2.

Як видно із даних цієї таблиці, точність планових координат становить до ± 4 см, а висоти – до ± 7 см. Така точність є значно гіршою, ніж очікувалося. Майже такі самі оцінки нами отримані й під час порівняння координат однойменних пунктів, одержаних із різних GNSS-кампаній та приведених на одну епоху ($\pm 3 - \pm 6$ см). Це спонукало нас до з'ясування причин такого становища та можливого переобчислення координат. Єдиним імовірним поясненням, на нашу думку, могла бути недостовірність встановлення координат основного пункту мережі, особливо його висотної складової.

Таблиця 2

Результати першого урівнювання геодезичної мережі навчально-наукового полігона

Статистика	Сер.кв. похибка координат		
	$m_B, м$	$m_L, м$	$m_H, м$
Max.	0.041	0.038	0.064
Min.	0.003	0.001	0.017
Сер.	0.022	0.019	0.041

Оскільки всі наші подальші обчислення ґрунтувалися на вихідних координатах основного пункту мережі – BRZH, то було вирішено переобчислити саме його координати за результатами всіх GNSS-кампаній, де використовувалися лише двочастотні приймачі, тобто кампанії 5-9 (див. табл. 1). У цьому опрацюванні використовували професійний програмний пакет Trimble Total Control з залученням остаточних ефемерид супутників, файлів стану іоносфери, IGS-модельні значення параметрів калібрування антен, тропосферна корекція Niella тощо. Після опрацювання за окремими кампаніями було отримано зведені координати та їх оцінку точності у системі ITRF2005 епохи 2000.0. Ці дані наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Результати переобчислення координат і висоти основного пункту BRZH

Кампанії	B	$m_B, мм$	L	$m_L, мм$	H	$m_H, мм$
5	49° 27' 28.99906"	11.1	24° 57' 4.87374"	7.2	336.504	13.2
6	49° 27' 28.99905"	3.5	24° 57' 4.87365"	2.2	336.582	4.2
7	49° 27' 28.99901"	11.1	24° 57' 4.87406"	7.5	336.546	13.3
8	49° 27' 28.99874"	13.6	24° 57' 4.87362"	11.2	336.459	20.5
9	49° 27' 28.99906"	4.0	24° 57' 4.87371"	3.0	336.575	4.7

Як видно із табл. 3, лише ті кампанії (6 та 9), де використовували сучасніші й технічно досконаліші моделі приймачів супутникових сигналів та їхніх антен (Leica GX1230GG+антена AX1202GG та Trimble 5700+антена Zephyr Geodetic), дали змогу одержати вищу точність та узгодженість результатів.

Отже, при високоточному визначенні координат пунктів геодезичної мережі необхідно використовувати сучасніше обладнання та дотримуватися певної технології обробки результатів польових спостережень.

1. Колгунов В.М., Літинський В.О. Модернізація планової мережі Бережанського навчального геодезичного полігона // *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. – 2001. – Вип. 61. – С. 63–69.
2. Колгунов В.М., Літинський В.О. Дослідження точності нівелірної мережі Бережанського навчального геодезичного полігона // *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. праць*. – Львів: Ліга-Прес, 2002. – С. 159–160.
3. Колгунов В.М., Літинський В.О., Савчук С.Г. Застосування GPS-спостережень для вимірювання Бережанського лінійного базису // *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. праць*. – Львів: Ліга-Прес, 2004. – С. 83–85.
4. Тревого І., Савчук С., Денисов О., Дюліт П., Глотов В., Волчко П. Науковий геодезичний полігон для метрологічної атестації геодезичних приладів та технологій // *Зб. наук. пр. “Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва”*. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2005. – С. 33–43.
5. Тревого І., Савчук С., Цюпак І. та ін. Еталонний геодезичний полігон для метрологічного контролю приймачів супутникових сигналів // *Зб. наук. пр. “Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва”*. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2008. – В.І (15). – С. 55–60.