

УДК 528.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ВІД МЕРЕЖІ АКТИВНИХ РЕФЕРЕНЦІЙНИХ СТАНЦІЙ ZAKPOS/UA-EUPOS НА ТЕРИТОРІЇ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

С. Савчук, А. Охрімчук

Національний університет “Львівська політехніка”

Ключові слова: референційні станції, метод RTK, координати.

Постановка проблеми

Нині на території Західної України діє мережа активних референційних станцій ZAKPOS/UA-EUPOS, яка охоплює сім областей і дає змогу виконувати GNSS-спостереження з використанням двох сервісних послуг: режиму RTK (Real Time Kinematic) та режиму постобробки.

Оскільки референційні станції територіально розміщені доволі нерівномірно [4], то виникає питання щодо ефективного використання зазначених послуг у різних частинах мережі ZAKPOS/UA-EUPOS, особливо це стосується крайніх її ділянок, а саме – Рівненської області.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

Серед європейських країн найбільші здобутки в побудові активної референційної мережі має Німеччина. Її пріоритетні досягнення стали фактично стандартами у плані функціонування DGNSS- та RTK-технологій. Власне, на основі створеної ще у 90-х роках минулого століття німецької мережі SAPOS [2] вперше розроблено: принципи передавання RTK-поправок (диференційних корекцій) радіоканалами зв'язку через ретрансляційні станції; новий протокол передавання потокових GNSS-даних NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol), що поміщає дані GNSS в Інтернеті для різноманітних задач на основі відомого протоколу http. NTRIP може використовуватись для поширення даних в будь-якому форматі, наприклад, у форматах стандарту RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) версій 2.1/2.2/2.3 та 3.0/3.1 чи власних форматах фірм-виробників GNSS-обладнання, наприклад, Leica, CMR та CMR+.

Сьогодні поширення диференційних поправок у реальному часі стало невід'ємною частиною на європейському континенті: 98 перманентних станцій EUREF [3] із 200 тих, що діють, використовують NTRIP-технологію і режим RTK.

Останніми роками активні референційні станції поширюються у країнах Східної та Центральної Європи. В більшості з цих країн успішно працюють мережі референційних станцій, які об'єднані єдиною організаційною структурою EUPOS (European Position Determination System) [1]. Нині країнами-членами EUPOS є: Боснія і Герцеговина, Болгарія, Чехія, Естонія, Угорщина, Казахстан, Латвія, Литва, Македонія, Молдова, Чорногорія, Польща, Румунія,

Росія, Сербія, Словаччина, Україна. Головою та консультантом цієї організації є Берлін. Словенія має статус спостерігача [1].

Так, наприклад, польська GNSS-мережа ASG-EUPOS почала діяти у 2008 р. Вона складається із 94 референційних станцій, 11 із них є двофункційними – GPS+GLONASS, а також з двох обчислювальних центрів у Варшаві та Катовіце. Обладнання на станціях та мережеве програмне забезпечення від фірми Trimble. До складу чеської GNSS-мережі CZEPOS входить 27 станцій, 3 центральні сервери та центр опрацювання даних в Празі. Мережа розпочала роботу в 2006 р. Станції обладнані апаратурою та програмним забезпеченням від фірми Leica Geosystems, а мережеве програмне забезпечення від німецької фірми Geo++. З 2005 р. почала працювати латвійська GNSS-мережа LATPOS, в яку входить 19 GNSS-станцій, 4 центральні сервери та обчислювальний центр у Ризі. Обладнання на станціях – виробництва Leica Geosystem та Trimble. У мережі використовується програмне забезпечення SpiderNet. Словенська служба визначення положення, яка називається SIGNAL, складається з 15 GNSS-станцій, рівномірно розташованих по всій території країни. Обладнання, встановлене на станціях, двох фірм-виробників – Leica Geosystem та Trimble. Мережеве опрацювання виконується програмним забезпеченням GPSNet/RTKNet від Trimble. Болгарська GNSS-мережа BULIPOS складається з 20 станцій, офіційно розпочала свою роботу в травні 2009 р. Словацька мережа SKPOS працює з 2003 р. і об'єднує 26 станцій. Сербська мережа AGROS активована 2005 р., налічує 29 GNSS-станцій, обчислювальний центр розташований у Белграді. Детальнішу інформацію про мережі цих та інших країн Центральної та Східної Європи можна дізнатись на офіційному сайті EUPOS [1].

У наш час технологія RTK набуває поширення і на території нашої держави. Так, зокрема, теоретичними і практичними питаннями отримання та передавання диференційних поправок у реальному часі займалися і продовжують займатися наукові центри Києва, Харкова, Львова.

Серед декількох локальних інфраструктур базових GNSS-станцій, розгорнутих сьогодні в Україні, лише закарпатську мережу ZAKPOS можна вважати такою, що повністю відповідає канонам побудови сучасних мереж, зокрема EUPOS [5]. З 2010 р. ця мережа безперервно розширюється. Тепер її назва – мережа активних референційних станцій ZAKPOS/UA-EUPOS.

Постановка завдання проблеми

Метою роботи було дослідити можливості використання технології RTK для визначення координат пунктів від референцних станцій мережі ZAKPOS/UA-EUPOS на території Рівненської області.

Виклад основного матеріалу проблеми

Зниження точності позиціонування точок свого часу за абсолютним методом GPS чи необхідність тривалого в часі спостереження за відносним методом спонукали до розроблення диференційного методу GPS (Differential GPS, DGPS). Цей метод оснований на використанні двох (або більше) приймачів, з яких один стаціонарний (опорний або базовий) приймач розміщується на точці з відомими координатами, а положення пересувного (здебільшого того, що рухається з точки на точку) приймача або ровера треба визначити. На обох пунктах повинні спостерігатися, принаймні, чотири загальні супутники. Відоме положення базового приймача використовується для обчислення поправок під час отримання координат пересувного (роверного) приймача. Ці поправки передаються до нього за допомогою відповідних засобів зв'язку (наприклад, через радіозв'язок, GSM/GPRS модем) і дають змогу обчислювати положення пересувного приймача з сантиметровою точністю.

У цьому дослідженні використовувався такий метод DGPS, як RTK.

Режим реального часу (RTK) є іншою назвою для несучої фази диференційної GPS. Його переваги полягають у тому, що забезпечується точність сантиметрового рівня позиціонування у режимі реального часу на певних відстанях від базової станції з простими у користуванні та високоінтегрованими приладами.

Так, для роботи у режимі RTK користувач повинен мати роверний приймач з контролером та GSM-модем для зв'язку з кастером мережі ZAKPOS/UA-EUPOS. Адреса кастера – zakpos.mine.nu: порт 2102. Все необхідне налаштування для під'єднання детально описано на сайті [4].

Нині кастер мережі надає RTK-користувачам можливість під'єднуватися як до окремих станцій, так і до мережевого розв'язку. Видавання поправок поділяється за методом (RTK, DGPS) та форматом (RTCM 2.3, 3.1). Обмеження застосування, як правило, накладають можливості самого роверного приймача, точніше, програмного забезпечення його контролера.

Для експериментальних робіт щодо доцільності використання режиму RTK на території Рівненської та частково Волинської областей за вихідні пункти було вибрано пункти 1-го та 2-го класів Державної геодезичної мережі (ДГМ) України (табл. 1). Вибір саме таких пунктів пояснюється тією обставиною, що для них можна було отримати їх каталожні координати, хоча і у референційній системі СК-42. Для цього у подальшому необхідна була процедура трансформації координатних систем, але не потрібно було контрольних статичних GNSS-спостережень.

Вихідні пункти розташовані максимально віддалено від референційної станції RVNE (м. Рівне) мережі ZAKPOS/UA-EUPOS, практично на кордонах з іншими областями (зокрема Волинською) та з Білорусією (рис. 1).

Таблиця 1

Вихідні дані

№	Назва пункту та його адміністративне розташування	Широта	Довгота	Висота, м
1	Удрицьк, Дубровицький р-н, Рівненська обл.	51°44'32''	26°45'19''	153
2	Полиці, Володимирецький р-н, Рівненська обл.	51°12'07''	26°15'37''	275
3	Самостріли, Корецький р-н, Рівненська обл.	50°49'12''	26°09'39''	213
4	Мукошин, Любешівський р-н, Волинська обл.	51°16'59''	26°04'31''	202
5	Оленине, Камінь-Каширський р-н, Волинська обл.	50°36'06''	26°55'32''	242

Необхідною умовою для виконання досліджень є наявність приймачів, що відповідають всім вимогам, які б забезпечили прийнятну якість робіт.

У роботі ми використовували такі GNSS-приймачі:

1. Leica GX1230GG (рис. 2).
2. Trimble R8 (рис. 3).

Приймач Leica GX1230 GG – це GPS / ГЛОНАСС приймач геодезичного класу, що може виконувати роботи у режимі реального часу (RTK) і має високоточну антену AX1202 GG. Запис даних здійснюється на карти пам'яті Compact Flash, що дає змогу скачувати польові дані, не використовуючи спеціальних кабелів.

Система Trimble R8 GNSS – багатоканальний, багаточастотний GNSS-приймач з антеною і GSM-модемом, які об'єднані в одному компактному пристрої. Основана на вдосконаленому RTK ядрі, технологія Trimble R-Track підтримує як нові сигнали модернізованої GPS системи L2C і L5, так і сигнали L1/L2 системи ГЛОНАСС. Сигнали об'єднаної GNSS-системи надають реальні переваги під час роботи в полі.

Перевага обох приймачів полягає в тому, що під час виконання спостережень можна з'єднуватись з мережею ZAKPOS/UA-EUPOS за допомогою sim-карти мобільних операторів, що є дуже зручним, якщо треба отримати поправки одразу на пункті.

Технологія вимірювань на пунктах ДГМ, що безпосередньо виконувались для реалізації цього дослідження, була такою:

- встановлення обладнання;
- налагодження зв'язку з обчислювальним центром мережі (кастером);
- вибір джерела поправок (MountPoint);
- ініціалізація на станції;
- фіксування результатів вимірювань у пам'ять контролера;
- вихід із інтернет-з'єднання та завершення роботи на станції.

На рис. 4 зображено пункти, на яких провадились спостереження, прилади, якими ці спостереження виконувались, а також віддали до цих пунктів від референційної станції RVNE.



Рис. 1. Схема розташування пунктів ДГМ на території Рівненської області



Рис. 2. GNSS-приймач Leica GX1230GG

Рис. 3. GNSS-приймач Trimble R8

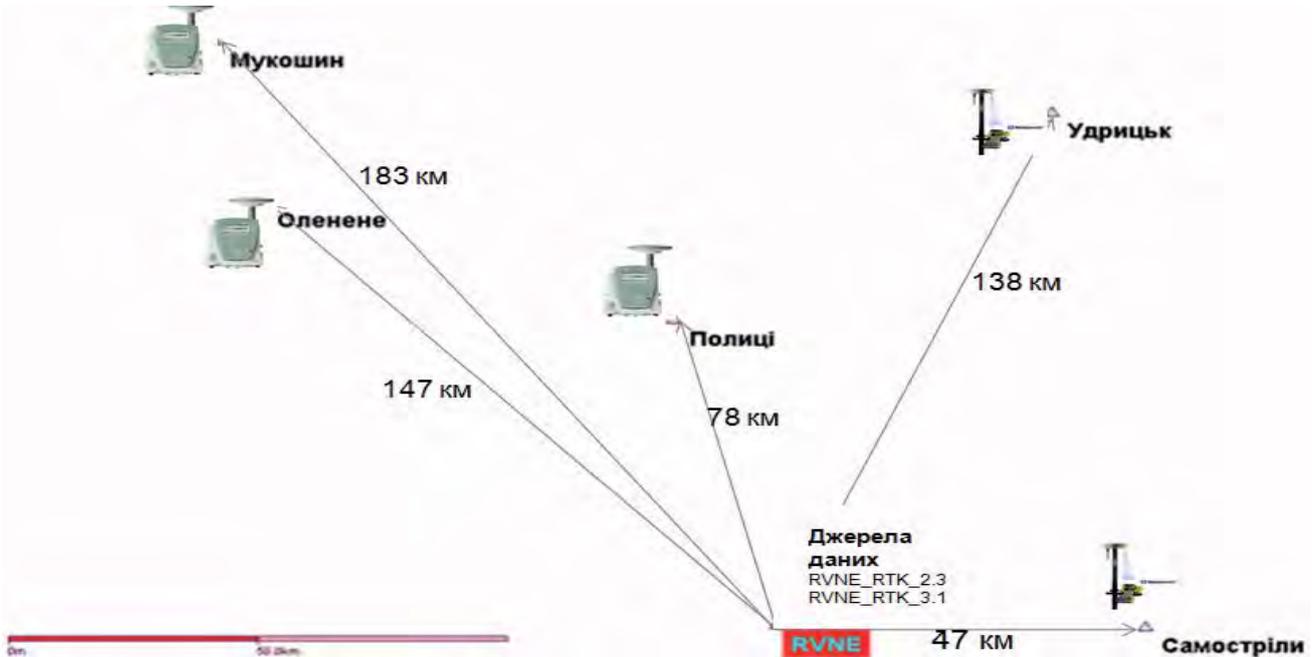


Рис. 4. Схема пунктів спостережень

За допомогою мережі активних референсних станцій ZAKPOS/UA-EUPOS використано джерела даних, що наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Джерела даних RTK та їхні формати

Джерело даних (MountPoint)	Формат	Повідомлення
ZPOS_VRS_RTK_23	RTCM 2.3	3, 18/19
ZPOS_VRS_RTK_31	RTCM 3.1	1004/1012, 1005/1007/1033
RVNE_RTK_23	RTCM 2.3	3, 18/19, 23/24
RVNE_RTK_31	RTCM 3.1	1004/1012, 1005/1007/1033

Характеристики RTK-спостережень вказані в табл. 3.

Таблиця 3

RTK-спостереження

Час ініціалізації	≈ 10 – 420 s
Час одного виміру	5 s
Кількість вимірів на пункті	10-20
Кількість супутників	6-14
PDOP	1,6-2,2

Таблиця наочно підтверджує, що час ініціалізації на пунктах спостережень був достатньо значним – до 7 хв. І хоча це є доволі негативним показником (через великі відстані до референсної станції RVNE), проте ініціалізація все ж відбувалась і ми отримали фіксовані розв'язки.

Таблиця 4

Результати експериментальних досліджень

№ з/п	Назва пункту	Кількість вимірів	Середні значення виміряних координат (система ETRS89/ETRF2000)			Різниця між значеннями трансформованих координат та взятих з каталогу	
			<i>B</i>	<i>L</i>	<i>H</i> , м	Δx , м	Δy , м
1	Самостріли	20	50° 36' 5.72775"	26° 55' 32.32334"	272.064	-0.11	0.02
2	Удрицьк	10	51° 44' 31.78588"	26° 45' 19.39525"	180.723	0.05	0.08
3	Полиці	10	51° 16' 58.18771"	26° 04' 24.83504"	231.034	-0.06	-0.04
4	Мукошин	10	51° 53' 57.88572"	25° 14' 44.79671"	258.671	-0.22	0.26
5	Оленине	10	51° 32' 43.41527"	25° 20' 01.48598"	192.783	0.12	0.08

Для того щоб оцінити отримані із RTK-спостережень координати, необхідно їх порівняти з контрольними координатами відповідних пунктів. Як ми уже зазначали, для спостережень вибрано пункти ДГМ лише тому, щоб їхні координати прийнято за контрольні.

Проблемою в оцінюванні одержаних координат була невідповідність систем координат: із RTK-спостережень ми отримували координати у референційній системі ETRS89/ETRF2000, а контрольні координати взято із каталогу ДГМ у системі СК-42. Тому для порівняння одержаних результатів спочатку доводилося трансформувати координати із системи ETRS89/ETRF2000 у референційну систему УСК-2000 за допомогою стандартних параметрів Гельмерта, а потім із системи УСК2000 відбувається перехід до СК-42 за допомогою трансформаційної сітки (гріду), яку розробив Науково-дослідний інститут геодезії і картографії (м. Київ) для території Рівненської та Волинської областей.

З порівняння трансформованих координат та взятих з каталогу видно, що максимальні значення різниць координат ($\Delta x, \Delta y$) спостерігаються на пунктах Мукошин та Оленине. Обидва пункти розташовані на території Волинської області і є доволі віддаленими (див. на рис. 4) від самої мережі активних референційних станцій. На решті пунктів, враховуючи і помилки контрольних координат, отримані результати можна вважати задовільними. Щоб зменшити час ініціалізації і підвищити надійність одержаних координат, необхідно збільшити кількість референційних станцій в цьому регіоні України, особливо це стосуватиметься використання режиму постобробки.

Висновки

Доведено, що під час RTK-спостережень на великих відстанях від референційних станцій час ініціалізації може бути достатньо довгим (до 7 хв), але отримати фіксовані розв'язки можна.

За результатами виконаних експериментальних досліджень виявлено, що використання даних з активних референційних станцій мережі ZAKPOS/UA-EUPOS для пунктів, розміщених на великих відстанях від них (100 і більше км) дає задовільні результати для розв'язування геодезичних задач у режимі RTK. Щоб підвищити точність визначення координат пунктів, а саме зменшити період ініціалізації та підвищити надійність отримання RTK-поправок, необхідно розширити мережу, збільшивши кількість референційних станцій у мережі.

Література

1. European Position Determination System // <http://www.eupos.org/>.

2. Німецька мережа SAPOS-<http://www.sapos.de/>.
3. EPN – EUREF Permanent Network – <http://www.epncb.oma.be/>.
4. ZAKPOS – мережа референційних GNSS станцій – <http://zakpos.zakgeo.com.ua/>
5. Савчук С. Перша мережа активних референційних станцій в Україні ZAKPOS. Етапи становлення та початок діяльності / С. Савчук, І. Проданець, І. Калинич // Геопрофіль. – Київ, 2010. – С. 16–23.

Дослідження точності визначення координат від мережі активних референційних станцій ZAKPOS/UA-EUPOS на території Рівненської області

С. Савчук, А. Охримчук

Досліджена доцільність використання режиму RTK (Real Time Kinematic) при визначенні координат пунктів від мережі активних референційних станцій ZAKPOS/UA-EUPOS на території Рівненської області.

Обґрунтовується, що необхідно розширити мережу ZAKPOS/UA-EUPOS для підвищення точності визначення координат пунктів.

Исследование точности определения координат от сети активных референционных станций ZAKPOS/UA-EUPOS на территории Ровенской области

С. Савчук, А. Охримчук

Исследована целесообразность использования режима RTK (Real Time Kinematic) при определении координат пунктов от сети активных референционных станций ZAKPOS/UA-EUPOS на территории Ровенской области.

Обосновывается необходимость расширения сети ZAKPOS/UA-EUPOS для повышения точности определения координат пунктов.

Investigating of the accuracy of determining the coordinates of a network of active reference stations ZAKPOS/UA-EUPOS in Rivne region

S. Savchuk, A. Okhrimchuk

The feasibility of using mode RTK (Real Time Kinematic) for determining the coordinates of points from a network of active reference stations ZAKPOS/UA-EUPOS in Rivne region was investigated.

The necessity to expand the network ZAKPOS/UA-EUPOS to improve the accuracy of determining the coordinates of points is justified.