

УДК 528.3

С.Г. Савчук, А.В. Задемленюк
Національний університет "Львівська політехніка"

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ RTK У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ ДЛЯ ЗАДАЧ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ

© С.Г. Савчук, Задемленюк А.В., 2009

Описано возможность использования технологии высокоточного позиционирования с помощью метода RTK для разного рода задач земельного кадастра. Показана возможность получения сантиметрового уровня точности позиционирования на расстоянии до 90км от референционной GNSS-станции. Представлены результаты полученных координатных определений.

In articles it is described possibility of use of technology of high-precision positioning by means of method RTK for a different sort of problems of a ground cadastre. Possibility of reception of centimetric level of accuracy of positioning on distance to 90km from referential GNSS-station. Results of the received co-ordinate definitions are presented.

Постановка проблеми. За останні роки в Україні значно зросла кількість підприємств та організацій, котрі почали використовувати для польових геодезичних робіт сучасне супутникове обладнання. За порівняно короткий час польові бригади, які мають можливість працювати з GNSS обладнанням, відзначають великі переваги в своїй роботі. Досягнути сантиметровий рівень точності визначення координат можна значно швидше ніж під час використання традиційного геодезичного обладнання, а також появилась можливість виконувати знімальні геодезичні роботи цілодобово, за будь-яких погодних умов, а також за відсутності прямої видимості між пунктами.

Над реалізацією GNSS-технології та практичним її застосуванням науковці зі всього світу працювали десятиліттями. Доволі довгий час практично єдиним способом визначення координат пунктів за допомогою GPS був відносний метод [1]. Недоліком цього методу були тривалі сеанси (сесії) спостережень та довгі у часі процеси постоброблення. А тому остаточний результат можна було отримати не відразу, а через якийсь певний проміжок часу. Все це значно обмежувало продуктивність та оперативність геодезичних робіт з використанням тодішньої GNSS-технології. Згодом з'ясувалося, що ці та інші недоліки можна подолати, застосовуючи сучасні мережеві RTK-технології, і отримати до того ж сантиметрову точність. Для цього необхідна побудова мережі референцних GNSS станцій [2]. Сьогодні вже створені та продовжують розвиватися станції, що працюють за принципами перманентних станцій EUREF (Reference Frame Sub commission for Europe) чи IGS (International GPS Geodynamics Service). Такі станції ще називають референцними, оскільки їхні координати безперервно визначаються і уточнюються і є носіями референцної системи. Отже, на їх основі створюються національні мережі, які можуть мати статус як загальнодержавних, регіональних, так і приватних [3].

Саме інтеграція супутникових технологій із засобами зв'язку дала можливість в 1992 р. розробити метод відносної кінематики в режимі реального часу — метод RTK (Real Time Kinematic). Сьогодні за допомогою RTK технології спостережувані дані отримують у реальному часі [4]. Своєю чергою це дало змогу значно швидше виконувати польові роботи (без додаткових координатних обчислень), та розв'язувати різного роду задачі (визначати азимут, лінійні відстані або площу ділянки, виносити в натуру проектні дані тощо). На всі ці роботи затрачається мінімум часу та робочого персоналу. Наприклад для визначення координат одного пункту в режимі реального часу достатньо всього декілька десятків секунд. Широке впровадження RTK-технології в Україні дозволить вирішувати проблемні питання в земельно-кадастрових роботах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, присвячених вирішенню цієї проблеми. За останні роки становлення та функціонування активних референцних станцій поширились на країни Східної та Центральної Європи. У більшості з цих європейських країн успішно працюють мережі референцних станцій, які об'єднані єдиною організаційною структурою – EUPPOS (European Position Determination System). Власне на базі створеної Німецької мережі референцних станцій SAPOS [4,

5] вперше були розроблені принципи передавання RTK-поправок (диференційних корекцій) радіоканалами зв'язку через ретрансляційні станції, формати передавання диференційних корекцій, що базувалися на принципі площинної лінійної інтерполяції (так званий формат FKP) [6], новий протокол передавання поточкових GNSS даних NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol), що подає GNSS дані для різноманітних використань в Інтернеті на основі відомого протоколу HTTP (Hypertext Transfer Protocol). NTRIP можна використовувати для розповсюдження даних в будь-якому форматі, наприклад, в форматах стандарту RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services)V2.1/2.2/2.3/3.0 чи власних форматах Leica, CMR та CMR+ [7]. Ці досягнення вважаються стандартами у плані функціонування DGNSS та RTK технологій.

Сьогодні розповсюдження диференційних поправок у реальному часі стало невід'ємною частиною для перманентних станцій EPN: 98 EPN-станцій із 200 діючих використовують Ntrip-технологію і режим RTK [8].

Як працюють GNSS мережі в режимі RTK можна побачити на прикладі мереж таких країн, як Польща, Чехія, Латвія, Словенія та інші. Свою роботу польська GNSS мережа ASG-EUPOS розпочала з 2008р. Вона складається із 94 референціальних станцій, 11 із них є двофункційні GPS + GLONASS, а також з двох обчислювальних центрів у Варшаві та Катовіцах. Обладнання на станціях фірми Trimble: приймачі NetRS та NetR5 з антенами Zephyr Geodetic II. Програмне забезпечення GPSNet, формат поправок RTCM SC 104 V. 2.3 та 3.0. Система ASG-EUPOS генерує поправки на базі GNSS спостережень, а програмне забезпечення центру управління формує в реальному часі потоки поправок для користувачів системи та дає можливість використовувати дані спостережень з референціальних станцій для постоброблення. Ця мережа забезпечує точність визначення координат під час спостережень в RTK-режимі: до 3см у плані та біля 5см у висоті [9].

До складу Чеської GNSS мережі CZEPOS входить 26 станцій, 3 центральні сервери, та центр оброблення даних у Празі. Дата початку роботи мережі – 2006 р. Станції обладнані апаратурою фірми Leica: приймачі серії Leica GRX1200 Pro та антени AT504-Choke ring, ПЗ для обслуговування станцій – це Leica Spider, а для забезпечення роботи в режимі реального часу – Geo++ GNSMART. Станції мають можливість приймати сигнали від GPS і GLONASS. Формат поправок – RTCM 3.1. Точність визначення координат під час спостережень у RTK-режимі: 1,5 см у плані [10].

2005 р. став початком роботи Латвійської GNSS мережі LATPOS, яка об'єднує 19 GNSS – станцій, 4 центральні сервери, та контрольний центр у Ризі. Обладнання на станціях представлено фірмами Leica (приймачі та антени Chock ring) та Trimble (приймачі NetRS антени Zephyr Geodetic). Сигнали приймаються від GPS і GLONASS. Для оброблення мережі використовують програмне забезпечення SpiderNet. Стандартний формат поправок – RTCM 3.1. Мережа LATPOS забезпечує точність визначення координат при спостереженнях в RTK-режимі: до 2 см у плані та близько 5 см у висоті [11].

Словенська служба визначення положення, яка називається **SIGNAL**, складається з 15 GNSS станцій, рівномірно розташованих по всій території країни, 7 з них є двофункційні (GPS і GLONASS). Обладнання, яке встановлене на станціях, є двох фірм-виробників: тип приймача – Trimble NetRS та Leica з серії GPS1200, тип антени – Trimble Zephyr Geodetic та AT504. Мережева обробка виконується завдяки ПЗ – GPSNet, формат поправок – RTCM 3.1.[12] Детальнішу інформацію про мережі цих та інших країн можна дізнатись на офіційному сайті служби EUPOS [13].

В Україні робота в RTK-режимі поки що є великою рідкістю, адже ще потрібно докласти багато зусиль та коштів, щоб покрити територію нашої держави активними референціальними станціями.

Першим регіоном, де спробували створити власну GNSS мережу, стала Закарпатська область. Закарпатська служба визначення положення (ZAKPOS) забезпечує GNSS даними спостережень та поправками до них в реальному часі (RTK) для високоточного визначення місцеположення. До її складу входять 5 референціальних станцій, розташованих в населених пунктах Мукачеве, Міжгір'я, Хуст, Рахів та Великий Березний, та центр обробки даних, що розташований в м. Мукачеве. Сьогодні активно проводяться польові геодезичні знімальні роботи в території покриття мережі в режимі реального часу з сантиметровою точністю [16].

Окрім Закарпатської області теоретичними та практичними питаннями передавання та отримання диференційних поправок у реальному часі займаються наукові центри Кисва, Харкова, Львова, Чернігова [17,18,19,20,21,22,23]. Аналогічну мережу планується створити і на території Львівської області, до складу якої входить 7 референціальних станцій. Фактично вже зроблені перші

кроки на шляху до впровадження в Україні нової високоефективної технології супутникового позиціонування – технології RTK.

Постановка завдання. Метою роботи було з'ясувати можливості використання технології RTK від станції SULP на території Львівської області для задач земельного кадастру.

Виклад основного матеріалу. Найголовнішим досягненням GNSS технології на теперішній час є метод RTK (Real Time Kinematic). За допомогою саме цього методу стало можливим отримувати сантиметровий рівень визначення координат безпосередньо під час виконання спостережень.

Варіантом роботи в RTK-режимі може бути окрема станція (Single-station) чи мережа таких станцій (Network). Що стосується інфраструктури цієї технології [25], то тут необхідно зважити все до найменших дрібниць: починаючи з встановлення обладнання та організації роботи на базовій станції, системи передавання даних спостережень чи безпосередньо поправок у координати від референційної станції до користувачів або, якщо працюють декілька таких станцій, то в єдиний обчислювальний центр, отримання даних користувачем або безпосередньо від референційної станції або від обчислювального центру. Всі вищеперераховані етапи роботи необхідно пов'язати між собою відповідним програмним забезпеченням (джерело даних (Data Streams) – сервер (Server) – кастер (Caster) – користувач (Client)) та лініями зв'язку (Інтернет).

Отже, для практичного впровадження GNSS-інфраструктури необхідна референційна RTK-станція, до складу котрої входить базовий мультиспільний GNSS-приймач, високоточна антена, яка жорстко встановлюється на пункті з відомими координатами; програмне забезпечення на референційній станції, яке дозволяє організувати вивід RTK-поправок в мережу Інтернет. Для того, щоб користувач зміг працювати в RTK-режимі, йому потрібен мультиспільний багатоканальний рухомий приймач (ровер), який має можливість через відповідні канали зв'язку (радіо чи Інтернет) приймати поправки від постійнодіючої референційної станції. Рухомий приймач (ще називають переносний приймач чи ровер) складається з GNSS приймача та польового контролера або “кишенькового” персонального компютера.

До питання вибору фірми-виробника GNSS-обладнання є індивідуальне ставлення кожного користувача (залежно від купівельної спроможності фірми, підприємства, організації). Головною особливістю роверних приймачів, переважно двочастотних та з наявною опцією приймати GPS+GLONASS-сигнали, має бути вбудований GSM-модем з антеною у комплекті з контролером та програмним забезпеченням на базі кишенькових РС. Так комплект, який складається з приймача та польового контролера, може коштувати до 20–25 тис. доларів.

Як вже згадувалося вище, спеціально для реалізації RTK режиму через Інтернет-комунікації Федеральне агентство Німеччини з картографії та геодезії (BKG) розробило технологію **NTRIP** (від англ. **Networked Transport of RTCM via Internet Protocol**) [26]. За своєю суттю NTRIP є спеціальним TCP-протоколом, призначеним для передавання різних потокових даних через глобальну мережу Інтернет.

Стандарт Ntrip складається з трьох основних компонентів:

- NtripCaster – ПЗ, встановлюється в центрах обробки та забезпечує зв'язок між джерелом та користувачем GNSS інформації;
- NtripServer – ПЗ, призначене для збору та перетворення інформації у формат Ntrip і відсилення її на NtripCaster (переважно встановлюється на референційних станціях);
- NtripClient – ПЗ, що забезпечує приймання інформації від NtripCaster.

Перевагою технології Ntrip є її гнучкість:

- протокол дає можливість передавати практично будь-які (“сирі” дані приймачів, диференційні поправки тощо)
- протокол дає можливість організувати доступ “багатьох до багатьох”, тобто безліч референційних станцій можуть передавати свою інформацію серед великої кількості користувачів;
- велика кількість варіантів NtripClient вільно або на платній основі доступні в Інтернет мережі, зокрема версії для мобільних пристроїв, таких, як мобільні телефони.

NTRIP широко використовують на практиці в розвинених країнах світу в умовах доступу до мереж швидкісного Інтернет через використання каналів GSM/GPRS операторів мобільного зв'язку. Саме використання GPRS Інтернет з'єднання під час супутникових вимірювань методом RTK дозволяє будь-якому користувачеві реалізувати NTRIP технологію: NtripCaster – NtripClient,

тобто отримання даних від референційної станції чи обчислювального центру мережі станцій безпосередньо на його рухомий приймач.

Першою перманентною українською станцією, що ввійшла з травня 2009 р. до складу мережі EPN-Real Time і почала регулярно працювати за NTRIP технологією, була станція SULP. Свою традиційну роботу як перманентна станція вона розпочала ще з 2001 року. Станція розташована в Астрономічній обсерваторії інституту геодезії Національного університету “Львівська політехніка” (Національний університет “Львівська політехніка”), м. Львів. Антена змонтована над фундаментальним астрономічним монументом, побудованим в 1870 р. у середині головного корпусу університету.

З 2009 р. EUREF класифікував станцію SULP за класом А, тобто її можна використовувати як опорну станцію для EUREF згущення. Вихідні координати станції можна знайти в [24]. Детальніші характеристики станції, що працює у режимі реального часу, наведені в табл. 1 та на рис. 1.

Таблиця 1

Характеристика перманентної станції SULP

Ідентифікатор	SULPO
Мережа	EUREF
Система	GPS
Приймач	TRIMBLE 4700, антена Zephyr Geodetic
Оператор	НУ “ЛП”
Формат поправок	RTCM 2.3 – 3(10),18(1),19(1),22(10),23(10),24(10)
Обсяг інформації	2400 біт/с.
Затримка даних	1,7 s
Потік даних	не компресований

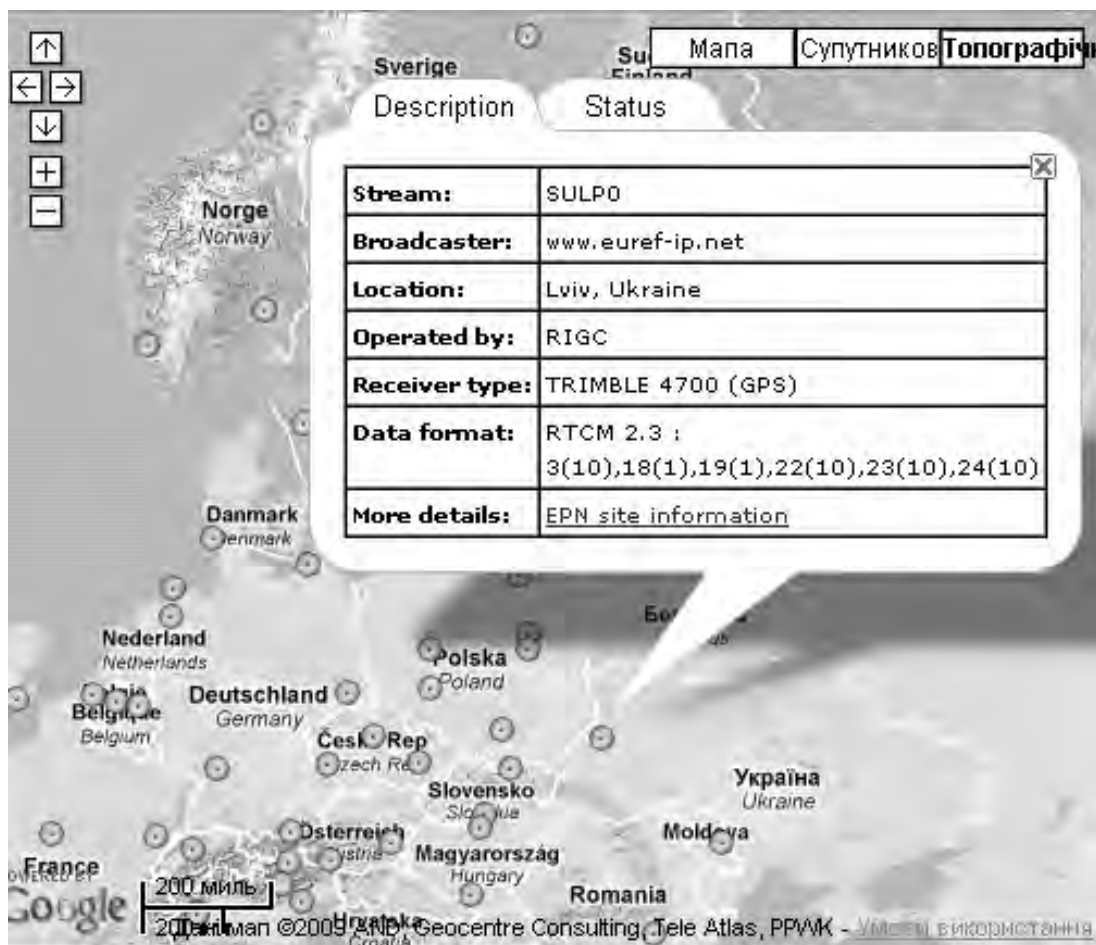


Рис. 1. Картосхема розташування перманентної станції SULP

Схема передавання даних RTK-спостережень наведена на рис. 2, де вказано також програмне забезпечення відповідної версії.

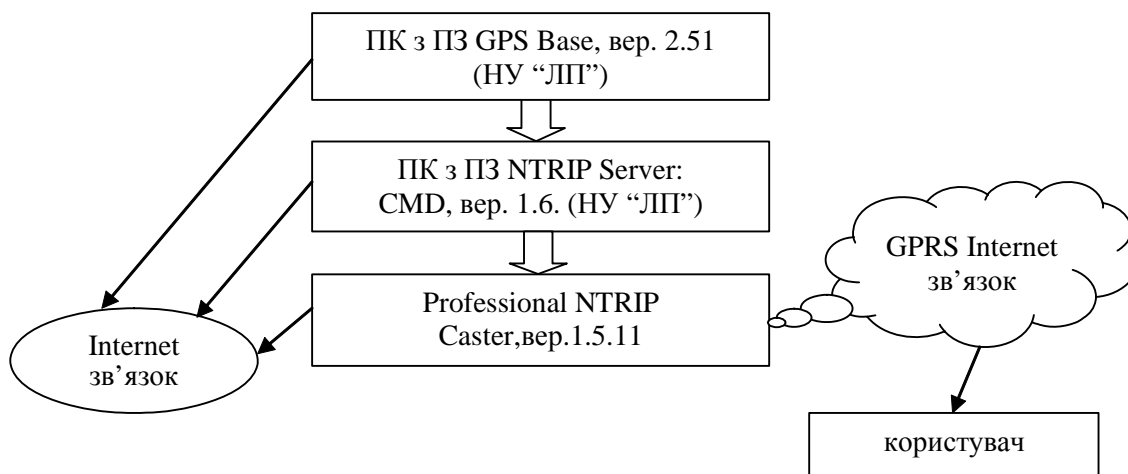


Рис. 2. Схема передавання даних RTK спостережень від постійної станції SULP

Про надійність роботи постійної станції SULP свідчать статистичні дані за травень-вересень 2009р. (див. табл. 2). У ній вказано часові обсяги (у %) середньомісячних відмов у передаванні поправок RTK.

Таблиця 2

Статистичні дані роботи постійної станції SULP

Місяці	Мережа	Назва станції	Відмови %
05 2009	EUREF	SULP0 Lviv	1.31%
06 2009	EUREF	SULP0 Lviv	0.84%
07 2009	EUREF	SULP0 Lviv	6.59%
08 2009	EUREF	SULP0 Lviv	0.14%
09 2009	EUREF	SULP0 Lviv	0.11%

Цю та іншу інформацію можна отримати в [27].

Проведення експериментальних досліджень на пунктах геодезичної мережі Львівської області. Експериментальні дослідження тривали протягом місяця, у липні 2009р. Спостереження проводили у чотирьох районах Львівської області: Сокальському (на відстані 70,2 км від станції SULP), Яворівському (Краковець) (на відстані 53,6 км), Сколівському (на відстані 88,8 км) та Золочівському (на відстані 70,8км). У цих районах були вибрані пункти геодезичної мережі України, розташовані на границі Львівської області з сусідніми областями. Всі пункти розташовані на відкритій місцевості.

З метою отримання контрольних координат зазначених пунктів мережі (рис. 3) проводились на них статичні спостереження, результатом чого було отримання координат пунктів мережі в системі ETRS 89 через постобробку.



Рис. 3. Схема спостережень у Львівській обл.

Для своєї експериментальної роботи застосовано комплект обладнання фірми Trimble: рухомий мультиспостережувальний GNSS приймач Trimble R8 та польовий контролер TSC2. Нижче наведені деякі характерні особливості GNSS приймача Trimble R8:

- технологія Trimble R-track для відстежування нових цивільних сигналів на частотах L2 (L2C) і L5;
- вимірювання фаз несучих частот GNSS з дуже низьким рівнем шумів і з точністю менше 1 мм у смузі частот 1 Гц;
- наявність 72 каналів:
 - GPS сигнали: L1 – C/A код L2C, повний цикл фази несучої L1/L2/L5,
 - GLONASS сигнали: L1 – C/A код, L1 – P код, L2 – P код;
- час ініціалізації < 10 с., надійність ініціалізації > 99,9 %;
- вбудована технологія Bluetooth, яка забезпечує бездротовий зв'язок приймача з контролером та наявні GSM/GPRS модем з антеною.

Польовий контролер TSC2 обладнаний: операційною системою Windows Mobile 5.0; процесором Intel PXA 270 XScale; 128 Мб оперативної пам'яті; бездротові канали зв'язку Bluetooth та Wi-Fi, акумуляторна батарея на 30 год. роботи; міні-динаміки для голосових повідомлень про перебіг процесу знімання та можливі порушення технологічних процедур; I/O порти (живлення, RS-232 serial 9-pin, USB-client, USB-host).

Тривалість сесії спостережень на пунктах у статичному режимі становила 2 год., кількість супутників була від 16 до 21, висота антени – 2 м, кут відсічки 10°. Обробляли отримані результати за допомогою програмного забезпечення Trimble Geomatics Office версії 1.63 та з врахуванням точних ефемерид. Точність визначених координат пунктів наведена в табл. 3. Отримані значення координат у подальшій роботі використовували як контрольні.

Таблиця 3

Результати статичних спостережень

Назва пункту	Точність координат		
	Δ X, см	Δ Y, см	Δ Z, см
Краковець	± 3,3	± 3,3	± 2,4
Золочів	± 1,5	± 0,9	± 2,1
Сокаль	± 0,2	± 0,2	± 0,2
Сколе	± 0,1	± 0,1	± 0,2

Наступним етапом нашої роботи, після статичних спостережень, було дослідження точності отримання координат пунктів мережі (рис. 3) в режимі реального часу з використанням RTK-технології. Під час підготовки рухомого приймача Trimble R8 до RTK-спостережень через контролер TSC2 необхідно ввести деякі налаштування (див.[21]). Для отримання RTK-поправок від станції SULP необхідно користувачеві під'єднатись до кастера, який розташований в м. Франкфурт-на-Майні [28].

На момент роботи в RTK режимі час ініціалізації коливався від 10 до 90 секунд. Координати пункту визначалися в середньому за 5 с., кількість супутників становила від 7 до 11, PDOP був в межах 1,6–2,2. Для Інтернет-з'єднання зі станцією SULP використовували GPRS послугу мобільного оператора МТС. Вимірювані дані автоматично записували у пам'ять контролера.

Аналіз результатів експериментальних досліджень та висновки. Приймаючи координати пунктів, отримані із довготривалих статичних спостережень, контрольними, перетворили різниці просторових геодезичних координат $\Delta B = B^{RTK} - B^{STAT}$, $\Delta L = L^{RTK} - L^{STAT}$ та $\Delta H = H^{RTK} - H^{STAT}$ у відповідні різниці просторових прямокутних геоцентричних координат, а потім у зміну топоцентричних координат $\Delta n, \Delta e, \Delta u$ за допомогою таких формул:

$$\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin B \cos L & -\sin L & \cos B \cos L \\ -\sin B \sin L & \cos L & \cos B \sin L \\ \cos B & 0 & \sin B \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} (M + N)\Delta B \\ (N + H)\cos B\Delta L \\ \Delta H \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$\begin{cases} \Delta n \\ \Delta e \\ \Delta u \end{cases} = \begin{bmatrix} -\sin B \cos L & -\sin B \sin L & \cos B \\ -\sin L & \cos L & 0 \\ \cos B \cos L & \cos B \sin L & \sin B \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Тут B, L, H – просторові геодезичні координати пункту спостереження; M, N – радіус кривини меридіану та першого вертикалу відповідно.

Остаточні значення зміни координат наведені у табл. 4.

Таблиця 4

Результати експериментальних досліджень

Назва пункту	Відстань до референцної станції, км	Зміна координат, см		
		Δn	Δe	Δu
Бунів	53,6	1,2	3,0	-12,5
Золочів	61,8	0,8	-2,7	3,3
Сокаль	70,2	-1,4	3,5	1,4
Сколе	88,8	2,6	0,5	1,5

Висновки. Як зрозуміло із проведених експериментальних досліджень точність визначення координат сучасною технологією RTK становить 1–3 см на відстані ≈ 90 км! від перманентної станції SULP. Цей факт ще раз підтверджує надійність, швидкість та точність GNSS-технологій під час польових геодезичних робіт. Звичайно під час проведення GNSS-спостережень точність визначення координат пунктів погіршуватиметься з віддаленістю користувача від референцної станції. Ми вважаємо, що отримані результати виконаних досліджень є задовільними для кадастрових робіт. Адже згідно з інструкцією [29], яку досі ніхто не відміняв, точність визначення координат одного пункту не повинна перевищувати 10 см. Досягнути таку точність було нашим основним завданням.

1. *История GPS навигации // электронний ресурс: http://www.mobimag.ru/Articles/884/Vsya_pravda_o_GPS-navigacii.htm. 2. Евстафьев О.В. Наземная инфраструктура ГНСС для точного позиционирования // Геопрофи. – 2008, № 1–2. 3. Журавлева Е.В. Преимущества использования постоянно действующих базовых станций // Геопрофи. – 2008, № 4. 4. Draken W.*

Funktion und Nutzung des SAPOS-Deutschland-Netzes // FuB. – 2005, N1. – S. 21–32. 5. Інтернет ресурс Німецької мережі SAPOS // <http://www.sapos.de/>. 6. Wübbena G., Bagge A. RTCM Message Type 59-FKP for transmission of FKP, Version 1.0, Geo++ White Paper 2002.01 <http://www.geopp.de/download/geopp-rtcm-fkp59.pdf>. 7. Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) // <http://igs.bkg.bund.de/root ftp/NTRIP/documentat/NtripDocumentation .pdf>. 8. GNSS Internet Radio // <http://igs.bkg .bund.de/root ftp/NTRIP/software/ NtripGNSSInterne tRadioWindows.exe>. 9. Офіційний сайт Польської GNSS мережі: <http://www.asgeupos.pl>. 10. Офіційний сайт Чеської GNSS мережі <http://czepos.cuzk.cz/> (in Czech) 11. Офіційний сайт Латвійської GNSS мережі <http://www.euref-iag.net/symposia/2006Riga/P-09.pdf>. 12. Офіційний сайт Словенської GNSS мережі http://www.gu-signal.si/index.php?option=com_content &task=view&id=19&Itemid=32. 13. Офіційний сайт Європейської GNSS мережі EUPOS // www.eupos.org. 14. Savchuk S., Kalynych I., Prodanets I. Creation of ZAKPOS active network reference stations for Transcarpathian region of Ukraine.- Берлін – 2008. 15. Procedure for Becoming an EPN station. December 2006 16. Guidelines For Single Site Design. Version 2.1 4 June 2008. 17. Горб А., Нежалський Р., Федоренко Р., Нестерович А. Экспериментальная оценка точности RTK-измерений // Зб. наук. пр. “Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва”. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2008. – В.1 (15). – С.118–124. 18. Горб А., Нежалський Р., Федоренко Р. Анализ точности GPS измерений в сети базовых станций // Зб. наук. пр. “Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва”. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2006. – С.97–102. 19. Шелковенков Д., Желанов О., Жаліло О., Шокало В., Кондратюк В., Литвин М., Флерко С., Черевко В. Результаты экспериментальных исследований реализации DGPS/RTK режима спутникового позиционирования с использованием NTRIP-технологии // Зб. наук. пр. “Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва”. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2008. – В.1 (15). – С.125–132. 20. Терещук О., Савчук С. Проект мережі активних перманентних GPS-станцій Північного регіону України // Зб. наук. праць міжнар. конф. “Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землепорядкування – Європейський досвід”. – Чернігів: Чернігівські береги. – 2007. – С.16–23. 21. Савчук С.Г., Задемленюк А.В. Про нові технології створення координатної основи для кадастрових робіт // Зб. матер. наук.-практ. конф. “Нові технології в геодезії, землепорядкуванні та лісовпорядкуванні”. – Ужгород, 2008. – С.16–18. 22. Савчук С., Задемленюк А., Піскорівський А. Експериментальні дослідження точності визначення координат методом RTK з використанням GPRS INTERNET з’єднання // Зб. наукових праць “Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва”, №1 (17), Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, Львів, 2009. – С.58–69. 23. Ткаліч В., Третьак К., Тревого І., Романишин І., Серебряний Ю., Волчко П. Перспективи науково-технічної співпраці між Державною службою геодезії і картографії України і Національним університетом “Львівська політехніка” та реалізація проекту побудови Української мережі активних перманентних станцій // Зб. матеріалів XII Міжнародного науково-технічного симпозиуму “Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища – GPS і GIS-технології”, Алушта (Крим), 2008. – С.1–4. 24. Інтернет адреса вихідних координат станції Sulp: <http://www.epncb.oma.be/trackingnetwork/coordinates/stationcoordinates4onestation.php?station=Sulp>. 25. NetR5 GNSS Infrastructure Receiver User Guide// www.trimble.com. 26. Wegener V., Wanninger L. Communication Options for Network RTK. IAG-Working Group 4.5.1: Network-RTK// <http://www.network-rtk.info>. 27. Інтернет адреса статистичних даних роботи станції Sulp: <http://igs.bkg.bund.de/root ftp/NTRIP/outages/euref/>. 28. Офіційний інтернет сайт служби EUREF: www.euref-ip.net. 29. Головне управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України Наказ N 56 від 09.04.98 Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500.