

АНАЛІЗ GNSS-ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОБОТИ У RTK РЕЖИМІ

А. Задемленюк

Національний університет “Львівська політехніка”

Ключові слова: GPS, ГЛОНАСС, GALILEO системи, GNSS-обладнання, RTK-режим, референційні станції, GSM/GPRS канали зв'язку, RTCM, CMR, CMR+ стандартний формат поправок.

Постановка проблеми

Сьогодні під час виконання різних польових геодезичних робіт найбільші вимоги ставляться до оперативності, високої точності та якості, а це, своєю чергою, спонукає проектно-вишукувальні, земельно-кадастрові та будівельні організації використовувати нові засоби для визначення координат, застосовуючи передусім глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS) [1–4]. Протягом останніх десяти років у супутникових технологіях визначення місцезнаходження відбулися значні зміни в розвитку та розширення сфер застосування. На зміну традиційним GPS-спостереженням прийшла нова технологія під назвою кінематичне знімання у режимі реального часу – RTK (від англ. *Real Time Kinematic*), яка завдяки низці новітніх вдосконалень вийшла на провідні позиції за останніх декілька років. Саме за допомогою сучасної RTK-технології (особливого режиму проведення спостережень) координати пункту визначаються за декілька секунд з точністю 1–2 см на відстані до 100 км від активної референційної станції (постійнодіюча GNSS-станція, координати якої попередньо надійно визначені) [5]. Крім того, у користувача з'являється можливість під час польових робіт розв'язувати стандартні геодезичні задачі, аналізувати результати виконаних робіт і виявляти пропущені ділянки. Важливо і те, що під час обробки робочих файлів, одержаних з використанням режиму RTK, у камеральних умовах не потрібне додаткове опрацювання результатів вимірювань.

Для роботи в режимі реального часу за технологією RTK користувачеві передусім необхідне відповідне обладнання, головним у якому є “роверний” двочастотний мультиканальний GNSS-приймач, який через певні канали зв'язку отримує відповідну інформацію від референційної станції. До складу цього обладнання входить власне GNSS-приймач (ровер) та

польовий контролер або “кишеньковий” персональний комп'ютер. Надалі братимемо до уваги тільки роверні приймачі, вважаючи, що референційні станції вже встановлені.

Одним із важливих завдань під час сучасного RTK-знімання є процес приймання RTK-поправок через мережу Інтернет від референційної станції чи центру опрацювання даних усієї мережі таких станцій користувачем. Для цього у приймачі повинен бути вмонтований GSM/GPRS модем. Раніше існувала практика приймання поправок через радіомодем. Однак використання радіомодема виявило недоліки, пов'язані з необхідністю прямої “радіовидимості” референційна станція–роверний приймач, а також спеціальні дозволи на використання радіочастот тощо. Завдяки значному покриттю територій GSM-мережами почалося широке використання GPRS-зв'язку для реалізації методу RTK у країнах Європи, зокрема в Україні [6].

Безперечно, отримані результати залежатимуть від якості приладів користувача, режиму роботи приймачів, положення та кількості супутників у момент спостереження та програмного забезпечення.

У цій статті йтиметься про обладнання для роботи у RTK-режимі, приділена увага його технічним характеристикам та приблизній вартості.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, що стосуються вирішення цієї проблеми

Перші GPS-приймачі з'явилися ще в 1984 р., і відстежували на той час до чотирьох супутників за L1 C/A кодом. Вони мали великі розміри та вагу близько 30 кг, а дані спостереження записувались через зовнішній магнітофон на цифрові касети або безпосередньо на зовнішній мікропроцесор. У кінці 1988 р. з'явилися приймачі так званого другого покоління, які вже приймали сигнали на двох частотах L1 та L2, і відстежували до дев'яти супутників. Однак, як відомо, на той час сигнали за L2 P-кодом були зашифровані аж до 2000 р. Точність визначення координат становила декілька метрів.

З моменту появи перших GPS-приймачів і фактично до сьогодні світові фірми-виробники

продовжують вдосконалювати GNSS-обладнання та розробляти його нові можливості. Найбільших змін приймачі зазнали починаючи з 2001 р., зокрема, збільшилась кількість каналів (до 440), вмонтовані різні безпроводникові технології для отримання даних (радіомодем чи GSM/GPRS модем, Bluetooth тощо), значно зменшилась вага (до 2 кг), розміри та енергоспоживання, і що найважливіше, з'явилась можливість роботи у режимі реального часу [7].

Що стосується технічних можливостей сучасних GNSS-приймачів, то, як правило, всі фірми-виробники дають однакові характеристики щодо точності, часу ініціалізації, формату отриманих поправок тощо. На ринку сьогодні працює досить багато фірм, які спеціалізуються на виготовленні обладнання саме для геодезичних робіт. Вибрати якийсь один продукт конкретної фірми та стверджувати, що він найкращий, досить важко, адже передусім користувачеві необхідно визначитись зі складнощами виконання майбутніх робіт, а також купівельною спроможністю.

Було здійснено практичне порівняння одночасно різних GNSS-приймачів у RTK-режимі було [8]. Тест мав показати всі переваги та недоліки деяких із GNSS-приймачів, що є доступними на ринку.

Виконувався тест у травні 2009 р. Для цього було вибрано сучасні двочастотні роверні приймачі: Magellan ProMark500, Sokkia GSR2700ISX, Leica GPS1200, Trimble R8, Topcon Hiper+ та Javad Triumph-1-G3T. Місце для тестових спостережень було вибрано на автостоянці, біля готелю "Загреб", видимість була задовільна. GNSS-приймачі встановлювались в один ряд, поблизу один від одного. VRS-поправки приймалися від Хорватської мережі референцих станцій CROPOS та окремої базової станції ZGCC2. Під час тесту відслідковувалась час ініціалізації приймачів та отримання фіксованого розв'язку, визначався час одержання RTK-поправок за фіксованого розв'язку. Для контрольного визначення координат точок спостереження велось статичним методом, а потім у RTK-режимі. Окремі результати цього тесту наведено в табл. 1. та табл. 2.

Із [8] можна зробити висновки, що сучасні роверні GNSS-приймачі, незалежно від фірми-виробника, дають найточніші результати в найкоротший термін. Цей тест фактично відображає те, що є насправді в польових умовах, а не лабораторні дослідження, які часто описуються в різних публікаціях.

Таблиця 1

Часові параметри RTK-спостережень

Назва приймача	Час ініціалізації приймача, с	Фіксований розв'язок, с	Ініціалізація RTK CROPOS, с	Ініціалізація RTK ZGCC2, с
Magellan ProMark500	30	35	28	28
Sokkia GSR2700isx	39	75	26	13
Leica GPS1200	75	84	23	
Trimble R8	75	77	15	75
Topcon Hiper+	140	155	24	17
Javad Triumph-1-G3T	168	182	10	7

Таблиця 2

Точність визначення координат пункту

Назва приймача	dX	dY	dZ
Magellan ProMark500	-0,015	-0,016	-0,059
Sokkia GSR2700isx	0,085	0,034	0,031
Leica GPS1200	0,026	0,030	-0,005
Trimble R8	0,029	0,038	0,007
Topcon Hiper+	0,004	-0,032	0,024
Javad Triumph-1-G3T	0,015	0,037	-0,008

Мета дослідження: основною метою цієї статті був аналіз та характеристика GNSS-обладнання різних відомих фірм-виробників для роботи у RTK-режимі.

Виклад основного матеріалу дослідження

Можливості супутникових технологій останніми роками значно розширились. За останнє десятиліття стрімко розвинулась GNSS-інфраструктура. Ринок GNSS-обладнання переповнений різними пропозиціями. Завдяки цьому GNSS-приймачі є у відкритому продажі, а їхня ціна значно знизилась за останні роки.

Розглянемо детальніше набір GNSS-обладнання, необхідного для роботи в RTK-режимі, та його технічні характеристики.

Приймачі. Залежно від призначення приймачі поділяються для роботи у ролі референцної станції та роверні. Щодо технічних параметрів, то GNSS-приймачі, котрі встановлені на референцих станціях, бувають: мультичастотні (підтримка двох і більше частот L1/L2/L5), розраховані на приймання сигналів від систем GPS, ГЛОНАСС, в майбутньому GALILEO; дані виводяться у стандартних форматах: RTCM різних версій 2.x.,3.x., CMR,

CMR+, NMEA та ін.; з різними вбудованими додатковими функціями та технологіями (в окремих приймачах наявні Bluetooth та GSM-модем); порти зв'язку – RS232, USB тощо. У табл. 3 наведено деякі GNSS-приймачі, призначені для роботи референцними станціями та приблизна їхня вартість.

Сучасні роверні приймачі характеризуються практично такими самими параметрами, що наведені вище, однак головною відмінністю їх від приймачів, встановлених на референцних станціях, є наявність блока для приймання поправок, герметично вбудованого GSM/GPRS модема та безпроводної технології Bluetooth. Далі у статті розглядатимемо тільки ті приймачі, які мають саме GSM-модем та Bluetooth. Роверні GNSS-приймачі, як правило, укомплектовані найновішими розробками, запатентованими фірмами-виробниками (наприклад,

R-Track від Trimble, SmartTrack+ фірми Leica, Co-Op tracking представлена Topcon), спрямованими на підвищення точності спостережень і швидкості ініціалізації, забезпечення стабільного приймання супутникових сигналів, зменшення впливу фактора багатопроменевості і підвищення продуктивності роботи. Приймачі можуть працювати за будь-яких погодних умов (пило-, бруд- та вологозахиснені, робоча температура від -30°C до $+60^{\circ}\text{C}$). Точність визначення координат у режимі RTK становить: $\pm 10 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}$ (у плані) та $\pm 20 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}$ (по висоті). Що стосується одночастотних приймачів, то вони мають певні обмеження за функціональністю, та не цілком підходять для роботи у цьому режимі.

У табл. 4 подано характеристики роверних GNSS-приймачів, котрі обладнані GSM та радіомодемом, а також технологією Bluetooth.

Таблиця 3

Приймачі для референцних станцій

Назва	Кількість каналів	Підтримка систем	Вбудовані технології	Орієнтовна ціна \$, тис.
Trimble				
<i>4700/5700</i>	24	GPS	–	7–11
<i>NetR3 GNSS</i>	72	GPS+ GLONASS	R-Track	16
<i>NetRS CORS</i>	24	GPS	R-Track	15
<i>NetR5 CORS</i>	72	GPS+ GLONASS	R-Track NTRIP	22
<i>NetR8 CORS</i>	76	GPS+ GLONASS	R-Track	26
<i>NetR9 CORS</i>	440	GPS+ GLONASS+ GALILEO	R-Track NTRIP	не встановлена
LEICA				
<i>GRX1200 GG Pro CORS</i>	120	GPS+ GLONASS+ GALILEO	SmartTrack+; NTRIP з функціями сервер	14
SOKKIA				
<i>GSR2700 RSX</i>	120	GPS+ GLONASS+ GALILEO	NTRIP	21
Topcon				
<i>Net-G3</i>	72	GPS+ GLONASS+ GALILEO	Co-Op tracking	18
HI-TARGET				
<i>V-Net 6</i>	72	GPS+ GLONASS		24–26
SOUTH				
<i>CORS NetS8</i> (на основі модуля Trimble BD970)	220	GPS+ GLONASS	Maxwell	не встановлена

Роверні GNSS приймачі з вбудованим GSM та/чи радіомодемом та технологією Bluetooth

Назва	Кількість каналів	Підтримка систем	Вбудовані технології	Орієнтовна ціна \$, тис.
Trimble				
<i>R8 GNSS RTK</i>	72	GPS+ GLONASS	R-Track	17–18
Leica				
<i>Viva GS10/GS15</i>	120	GPS+ GLONASS+ GALILEO	SmartCheck+	16/18
<i>Серія GX1200</i>	32–72	GPS+ GLONASS	SmartTrack+	15–20
Spectra Precision				
<i>Epoch 35 GNSS</i>	54	GPS+ GLONASS	R-Track	13–14
Sokkia				
<i>GSR2700 ISX</i>	72	GPS+ GLONASS	–	15–16
Topcon				
GRS-1	72	GPS+ GLONASS	–	14
GR-3	72	GPS+ GLONASS+ GALILEO	Co-Op tracking	13
HiPer+	40	GPS+ GLONASS	–	14
Magellan				
<i>ProMark 500</i>	75	GPS+ GLONASS	Magellan BLADE	13
ALTUS				
<i>APS-3</i> (на основі модуля Septentrio AsteRx2)	66	GPS+ GLONASS	–	13
GeoMax				
<i>ZGP800</i>	52	GPS	Q-Lock	14
STONEX				
S9 (на основі модуля Trimble BD970)	220	GPS+ GLONASS+ GALILEO	NTRIP	12
ORION S82+	54	GPS+ GLONASS	–	не встановлена
Javad				
<i>TRIUMPH-1-G2T/G3T</i>	216	GPS+ GLONASS+ GALILEO	–	12/14
CHC				
<i>CHCNAV X91</i>	54	GPS+ GLONASS	–	12.5
<i>CHCNAV X90</i>	28	GPS	–	12
SOUTH				
STAR S82T (на основі модуля Trimble BD970)	220	GPS+ GLONASS+ GALILEO	COGO	9.5
STAR S82	28–72	GPS+ GLONASS (опція)	NTRIP	9
STAR S86	24	GPS	–	9
HI-TARGET				
V9	54	GPS+ GLONASS	PAC	12-15
FOIF				
A20 GNSS	76	GPS+ GLONASS+ GALILEO	NTRIP	не встановлена
SGS828	26		–	не встановлена

Керування роботою роверного приймача відбувається за допомогою контролера чи мобільного телефону через кабель або безпроводну технологію Bluetooth. Контролер є накопичувачем даних, призначений для польового використання. Він оснащений: операційною системою, як правило, Microsoft Windows Mobile або Windows CE, та відповідним програмним забезпеченням, яке допомагає провадити польові геодезичні роботи.

У табл. 5 наведено польові контролери із загальними технічними характеристиками та приблизною вартістю.

Цю та детальнішу інформацію можна знайти на офіційних сайтах виробників та в їхніх регіональних представників [9–22].

Сьогодні користувачам доступна унікальна можливість застосування мобільного телефону

замість польового контролера. Для такої послуги придатні сучасні смартфони та комунікатори, основною умовою для яких є підтримка операційної системи (наприклад, Microsoft Windows Mobile v.5.0) та відповідного програмного забезпечення (наприклад, Survey Controller v.12.42 фірми Trimble), а також необхідний доступ до потоку даних NTRIPcaster. Процес з'єднання з роверним приймачем відбувається за допомогою технології Bluetooth чи з'єднувального кабелю. Однак для широкого загалу мобільних телефонів існують спеціальні програми, такі, як наприклад, MobileNtrip v.3.50. чи GNMobile v.1.2.14. Ці програми підходять до мобільних телефонів, в котрих наявна опція Java. Суть роботи такої програми полягає у під'єднанні до потоку даних NTRIPcastera через вбудований GPRS-модем [23].

Таблиця 5

Польові контролери

Назва	Операційна система Microsoft Windows	Програмне забезпечення	Орієнтовна ціна \$, тис.
Trimble			
TSC2	Mobile v.5.0	Trimble Survey Controller	6–7
Leica			
RX1250	CE 5.0		9
CS10	CE 6.0	SmartWorx Viva LT	4
CS15	CE 6.0	SmartWorx Viva	5,5
Spectra Precision			
Ranger серії 500x GNSS	Mobile v.5.0	SurveyGNSS;	6,0
Sokkia			
AllegroCESDR +	CE.NET v.4.2	SDR Level 5 або SDR+ Professional	5,9
Topcon			
FC-2500	CE 5.0	TopSURV	8
Javad			
Victor	Mobile v.5.0	TRACY	2,500
GeoMax			
ZGP800	CE.NET	COGO	не встановлена
HCE			
HCE100	CE.Net	LandStar	3,500
HI-TARGET			
Dolphin 9500	Mobile v.5.0		1,800

Анени. Суть роботи GNSS-анени полягає у прийманні радіосигналів від супутників, що перебувають у полі зору приймача. Вибраний тип анени істотно впливає не тільки на можливість прийняття сигналів від супутників, але й на точність супутникових спостережень. Не менш важливим показником антен є поняття фазового центра, його положення і стабільність у часі. Фазовий центр антени – це певна точка, яка не піддається геометричному вимірюванню,

від якої відраховуються усі віддалі до супутників, а положення цієї точки “прив’язується” до положення відповідної точки відносності на пункті спостережень (до геодезичного центра). Що стосується зсуву цього центра по вертикалі, то такий зсув визначається за допомогою спеціальних досліджень, переважно під час калібрування антени. Процес калібрування доволі складний, а тривалість його для окремої антени становить приблизно два дні. Всю роботу вико-

нує спеціальний робот, який перевіряє зміну фазового центра, фазові шуми, багатошляховість та інші похибки. Після завершення калібрування видається сертифікат. Великий досвід калібрувальних робіт має німецька фірма Geo++, яка спеціалізується саме на програмних продуктах для високоточного позиціонування [24]. На основі виконаних калібрувальних робіт фірма Geo++ створила базу даних GNSS-приймачів [25], в якій користувач може знайти інформацію про тип антени.

Щоб запобігти відбиттю сигналів супутників від різних поверхонь (так званий багатошляховості), як додаткові заходи використовують спеціальні екранувальні металеві диски [26, 27].

Анени за функціональним призначенням поділяються на два типи:

1. Анени, встановлені на референцних станціях.

2. Компактні геодезичні анени, з'єднані з рухомих приймачем для польових робіт.

Як правило, на референцних станціях використовуються анени типу "Choke Ring". Характерною особливістю такого типу антен є висока стабільність фазового центра і стійкість до ефекту відбиття з покращуваними характеристиками стеження за супутниками з низьким кутом піднімання або за складних умов спостережень. Так, наприклад, конструкція антени типу Trimble GNSS Choke Ring змодельована так, що повторно відбиті сигнали трансформуються у безпечне тепло. Кожна така антена має індивідуальний калібрувальний сертифікат. В антені AR25 фірми Leica використовується новий надширокосмуговий елемент Dorne-Margolin. Цей елемент є галузевим стандартом у високоточних геодезичних вимірах. Такі антени оптимізовані для використання з більшістю геодезичних приймачів інших фірм і виробників. Технічні характеристики "Choke Ring": приймання сигналів: GPS, ГЛОНАСС, в майбутньому Galileo; стабільність фазового центра <1 мм; герметичний та водонепроникний корпус; робоча температура: - 40°C + 70°C.

Для одиничних референцних станцій (що не входять до складу мережі) та для роверних приймачів, котрі працюють у режимі RTK, цілком достатньою є стандартна компактна геодезична антена. Вона забезпечує хорошу якість даних та значно дешевша, ніж Choke-Ring антени. Як приклад можна навести антени фірм Trimble Zephyr і Zephyr Geodetic (рис. 2), характерною особливістю яких є технологія Trimble Stealth Ground Plane, яка буквально "спалює" багатопо-

меневість. А в антені Leica AX1203+ використовується технологія SmartTrack+, що забезпечує охоплення сигналів всіх видимих супутників за декілька секунд у проблемних місцях (між будинками, під кронами дерев тощо).

Отже, до важливих факторів, що впливають на роботу GNSS-антен, належать: стабільність положення антени та безперешкодна видимість (листя дерев, різні ретрансляційні антени в міській забудованій місцевості тощо).



a



б

Рис. 1. Анени типу "Choke Ring":
а – антена Trimble GNSS Choke Ring;
б – антена Leica AR25



a



б

Рис. 2. Приклад геодезичних GNSS антен:
а – антена Trimble Zephyr;
б – антена Leica AX1203+

Програмне забезпечення. За допомогою сучасного програмного забезпечення процес обробки спостережуваних даних відпрацьований до автоматизму. Візьмемо для прикладу мережу референцних станцій. Якщо програмне забезпечення сервера центра управління мережею формує диференційні поправки, то всередині мережі точність визначення координат буде постійна. Центр управління може бути розміщений не в самій мережі, якщо з'єднання з GNSS-приймачем здійснюється по каналах зв'язку за допомогою протоколу TCP/IP. Для ефективної роботи центрального сервера достатньо всього одного комп'ютера, на якому встановлюється спеціальне програмне забезпечення та який під'єднаний до мережі Інтернет. Воно може управляти всіма референцними станціями. Самі станції та мережі таких станцій можуть значно відрізнитися за площею покриття та складністю роботи. Тому фірми та організації, які планують створення референцних станцій, повинні дуже детально зважити, для чого будуть використовуватись ці станції та які саме послуги вони надаватимуть. Якщо централізована референцна мережа відсутня, або є всього декілька окремих станцій, то за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення створюється так звана віртуальна станція VRS (Virtual Reference Station), започаткована фірмою Trimble. Для цього використовуються дані як мінімум трьох референцних станцій. Ця тех-

нологія забезпечує високу точність і контроль отриманих даних тільки у реальному часі. Використовуючи VRS-інфраструктуру, програмне забезпечення забезпечує повністю змодельований мережевий розв'язок, в якому враховуються різні помилки. Користувачі VRS-мережі з'єднуються з системою, використовуючи безпроводний зв'язок. Приймач відсилає у центр управління NMEA-повідомлення. Це дає змогу створити "віртуальну базову станцію" так, ніби вона розміщена за декілька метрів від роверного приймача, і приймати RTK поправки вже від неї. Приймач при цьому інтерпретує і використовує ці дані так, ніби вони отримані від реальної базової станції. Технологія VRS дає можливість застосовувати RTK на значних площах покриття за меншої кількості референцних станцій. Використання GSM RTK або GPRS RTK дає змогу ще підвищити ефективність цієї технології. Також користувачі можуть використовувати дані VRS мережі для постобробки, отримавши до них доступ через Інтернет.

Сьогодні є досить багато програмних продуктів для реалізації технології RTK. Нижче наведено загальні характеристики програмного забезпечення, призначеного для визначення та моніторингу координат референцних станцій (табл. 6) та управління їх роботою (табл. 7), керування роботою польових контролерів (табл. 8) та мобільних комунікаторів/ телефонів (табл. 9).

Таблиця 6

Характеристика програмного забезпечення для визначення та моніторингу координат референцних станцій

Назва програмного забезпечення	Загальний опис	Орієнтовна ціна, тис.
GIPSY/OASIS-II (GOA-II)	Регулярне оновлення, висока точність опрацювання GPS даних. Забезпечує визначення координат станцій та параметрів орбіт супутників. Доступна безкоштовно для міжнародного наукового співтовариства. Програма розроблена у Jet Propulsion Laboratory, NASA, Пасадена, Каліфорнія, США.	–
Bernese GPS Software v.5.0	Широко використовується для комплексного опрацювання GNSS спостережень, відповідає найвищим вимогам точності. Розроблена спеціалістами астрономічного інституту Бернського університету (Швейцарія)	12/24 шв.франків Науковий /комерційний заклад
GAMIT/GLOBK v.10.35	Програмний пакет призначений для опрацювання GPS даних на наддовгих базах та визначення параметрів орбіти. GAMIT – це набір програм, що використовуються для аналізу GPS даних, параметрів обертання Землі і визначення орбіт супутників. GLOBK використовують для об'єднання різних геодезичних розв'язків, таких як GPS, VLBI, і SLR. Програмний пакет розробили спеціалісти Мічиганського технологічного інституту. Доступний безкоштовно для некомерційного використання.	–
Trimble Total Control v.2.73	Програмне забезпечення від фірми Trimble призначене для опрацювання GPS та GLONASS вимірювань на середніх та довгих базах, створення Trimble VRS (віртуальної референцної станції), а також регулярних опрацювань безперервних щоденних спостережень.	не встановлена

Таблиця 7

Характеристика програмного забезпечення для управління роботою референцих станцій

Назва програмного забезпечення	Загальний опис	Орієнтовна ціна \$, тис.
VRS Software	Програмне забезпечення від Trimble для управління роботою окремих референцих станцій (GPSBase software) та мереж активних референцих станцій (GPSNet/RTKNet software, VRS ³ Net software).	30–35
GNSMART	Geo++ [®] GNSMART (GNSS State Monitoring and Representation Technique) – це перша і єдина в світі система не від фірми-виробника GNSS-обладнання, що дає змогу абсолютно визначати позицію із сантиметровою точністю комплексно й одночасно у режимі реального часу.	30
Leica GNSS Spider Software	Leica GNSS Spider являє собою інтегрований пакет програмного забезпечення для централізованого управління та експлуатації однієї базової станції або мережі активних референцих станцій.	7–8

Таблиця 8

Програмне забезпечення для польових контролерів

Назва програмного забезпечення	Загальний опис	Приблизна вартість \$
Trimble: Survey Controller з v.11.10 по 12.45	Програма Trimble Survey Controller є польовим програмним забезпеченням для роботи з контролерами TSC2, TSCe, ACU і TCU. Є складовою технології Trimble Integrated Surveying і задає високі стандарти функціональності, продуктивності і зручності у польовій геодезичній роботі.	не встановлена
Spectra Precision Survey Pro v. 4.7 по 4.8.1	Польове ПЗ запропоноване у різних наборах модулів з відповідними функціями, зокрема COGO. Забезпечений повний набір можливостей для реалізації геодезичних проектів. Працюють з програмою контролери Ranger та Nikon.	не встановлена
Sokkia: Серії SDR+	Багатофункціональне польове ПЗ для роботи з контролерами Allegro CX або Jett.CE. Серед основних особливостей програми – RTK-технологія фільтрування сигналу та функція визначення грубих помилок “Blunder Detection”.	1
Topcon: TopSURV з v. 7.2 по 7.5	Програма Topcon TopSURV призначена для польових робіт разом з контролерами FC-100 та FC-2000. Функціональні можливості програми ґрунтуються на принципі модулів TS, Robotic, GPS+, GIS тощо.	1
Javad: TRACY з v. 1.2 по 2.2	Javad TRACY є польовим програмним забезпеченням контролера Victor, з можливістю попередньої постобробки в полі для оцінки якості спостережень.	не встановлена
CHC: LandStar	Програма призначена для польових геодезичних робіт у сукупності з контролерами Recon, HCE100 та CHC Controller; зручна у користуванні, забезпечує чіткий контроль за збиранням даних та розмічувальними роботами.	не встановлена

Таблиця 9

Програмне забезпечення для мобільних телефонів

Назва програмного забезпечення	Загальний опис	Приблизна вартість
Java-Ntrip-Client	Під’єднує мобільний телефон до NTRIP кастера. RTCM дані, отримані через GPRS, передаються на роверний GNSS приймач через Bluetooth або кабель.	не встановлена
GNMobile	Geo++ GNSMART основана на Java™-аплікаціях для стільникових телефонів, модемів і терміналів. GNSMART дає змогу під’єднувати різні апаратні інтерфейси (підтримуються модем (GSM / GPRS), послідовні порти (RS232), інфрачервоний, Bluetooth) з використанням різних протоколів. Geo++ GNSMART надає спеціальну підтримку для NTRIP.	не встановлена
mobileNtrip	mobileNtrip це додаток, встановлений на мобільний телефон і призначений для прямого з’єднання і передавання даних спеціальної корекції між кастером та GPS приймачем через Інтернет за допомогою GPRS.	60 Євро

Висновки

У результаті виконаного нами аналізу GNSS-обладнання, встановленого на станціях Європейської референцної мережі (EPN), можна стверджувати, що серед великої кількості виробників лідерами є фірми Leica та Trimble. Найбільшою популярністю користуються приймачі Leica GRX 1200Pro та антени Leica AT504, а від фірми Trimble – обладнання серії NetRS і GNSS антени Trimble Zephyr і Zephyr Geodetic. Варто відзначити також обладнання таких фірм, як Topcon, а також Sokkia. Провідні інженери цих та інших фірм-виробників працюють над удосконаленням та модернізацією GNSS-обладнання.

З упевненістю можна стверджувати, що у перспективі значущість супутникових систем навігації помітно зросте. Безсумнівно, їх широко застосовуватимуть у міському господарстві та повсякденному житті людини.

Література

1. Евстафьев О.В. Наземная инфраструктура ГНСС для точного позиционирования // Геопрофи – 2008, № 1, 2, 3, 5, 6.
2. Савчук С.Г., Задемленюк А.В. Про нові технології створення координатної основи для кадастрових робіт // Зб. матер. наук.-практ. конф. “Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та лісовпорядкуванні”. – Ужгород, 2008. – С. 16–18.
3. История GPS навигации: http://www.mobimag.ru/Articles/884/Vsya_pravda_o_GPS-navigacii.htm.
4. Global navigation satellite system: http://en.wikipedia.org/wiki/Global_navigation_satellite_system.
5. Савчук С.Г., Задемленюк А.В. Деякі питання геодезичного забезпечення кадастрових робіт // Зб. наук. праць IV міжнар. наук.-практ. конф. “Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід”. – Чернівці: ЧДДЕУ. – 2008. – С. 58–61.
6. Воробьев К.А. Спутниковые ГНСС-измерения в режиме реального времени – GSM RTK // Геопрофи, 2008, № 2. – С. 47–49.
7. Seeber G. Satellite Geodesy – 2nd completely revised and extended edition // Hannover, Germany – 2003.
8. GNSS RTK Receivers Test // <http://www.cadcom.hr/slike/GNSS%20Test.pdf>.
9. Офіційний сайт фірми Trimble: <http://www.trimble.com>.
10. Офіційний сайт фірми Leica Geosystems: <http://www.leica-geosystems.com>.
12. Офіційний сайт фірми Topcon: <http://www.topconpositioning.com>.
13. Офіційний сайт фірми SOTH: <http://www.southgnss.com>.
14. Офіційний сайт фірми Spectra Precision: <http://www.spectraprecision.com>.
15. Офіційний сайт фірми Magellan: <http://www.magellangps.com>.
16. Офіційний сайт фірми Novatel: <http://www.novatel.com>.
17. Офіційний сайт фірми GeoMax: <http://www.geomax-positioning.com>.
18. Офіційний сайт фірми Stonex: <http://www.stonexsurveying.com>.
19. Офіційний сайт фірми Septentrio: <http://www.septentrio.com>.
20. Офіційний сайт фірми CHC: <http://www.chcnav.com>.
21. Офіційний сайт фірми Hi-Target: http://www.zhdgps.com/Default_en.aspx?Language=en.
22. Офіційний сайт фірми FOIF: http://www.foif.com.cn/English/about_us.asp.
23. Оборудование базовых станций: <http://www.geometer-center.ru/default.aspx?page=127>.
24. Офіційний сайт фірми Geo++: <http://www.geopp.de/index.php?bereich=5&kategorie=34&artikel=&template=1>.
25. база даних калібрування антен: <http://gnpcvdb.geopp.de/pcvdb/GNPCVDB.html>
26. <http://www.trimble.com/infrastructure/gnss-choke-ring-antenna.aspx?dtID=overview>.
27. http://www.navgeocom.ru/infra/hard/leica_1200gg/ar25.htm.

Аналіз GNSS-обладнання для роботи у RTK-режимі

А. Задемленюк

На основі наявного GNSS-обладнання виконано аналіз та порівняння продукції різних фірм-виробників, наведено деякі технічні характеристики і приблизну вартість обладнання.

Анализ GNSS-оборудования для работы в RTK-режиме

А. Задемленюк

На основе существующего GNSS-оборудования выполнен анализ и сравнение продукции, произведенной различными фирмами-производителями, приведены некоторые технические характеристики и приблизительная стоимость.

Analysis of GNSS-equipment for working in RTK-mode

А. Zademlenyuk

On the basis of existing GNSS-equipment an analysis and comparison of products made by different manufacturers, are some characteristics and their approximate cost.