

Наука та інновації. 2009. Т. 5. № 2. С. 5–22.

**Я.С. Яцків<sup>1</sup>, В.П. Харченко<sup>2</sup>, В.М. Шокало<sup>3</sup>, О.І. Терещук<sup>4</sup>,  
О.О. Жаліло<sup>1</sup>, В.М. Кондратюк<sup>2</sup>, О.М. Лук'янов<sup>3</sup>, М.О. Литвин<sup>1</sup>,  
Д.О. Шелковенков<sup>3</sup>, О.В. Куценко<sup>2</sup>, О.О. Желанов<sup>3</sup>,  
О.В. Грінченко<sup>3</sup>, М.О. Газнюк<sup>2</sup>, Є.В. Вишнякова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Головна астрономічна обсерваторія НАН України, Київ

<sup>2</sup> Національний авіаційний університет, Київ

<sup>3</sup> Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

<sup>4</sup> Чернігівський державний інститут економіки та управління, Чернігів

## ПРАКТИКА СТВОРЕННЯ В УКРАЇНІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ GNSS-СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖНОЇ VRS-ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ І КАДАСТРОВИХ ЗЙОМОК



Наведені результати виконання науково-технічного пілотного проекту 2007 р. впровадження в Україні сучасних супутникових технологій високоточного координатного забезпечення геодезичної зйомки, підтримки державного кадастру, землевпорядкування. Створено прототип інформаційно-вимірювальної супутникової GPS/GNSS-системи, що реалізує мережну (зональну) диференціальну VRS-корекцію похибок спостережень та надання інформаційних послуг на території регіону, що обслуговується. Проведені експериментальні випробування з використанням вимірювальної інформації мережі GPS/GNSS станцій в м. Київ (ГАО НАНУ), м. Чернігів (ЧДІЕУ), м. Прилуки Чернігівської обл. та тестових спостережень споживачів. Показано, що в зоні дії мережі станцій з міжбазовими відстанями 130–150 км досягається сантиметрова/субдециметровая точність координатних визначень (одно- та двочастотні GPS-приймачі) в режимі післясеансної обробки. При реалізації DGPS/RTK позиціонування в реальному часі споживачі можуть виконувати геодезичну RTK-зйомку (точність – 2–5 см) в радіусі 20 км відносно найближчої базової станції.

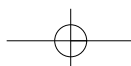
*Ключові слова:* GNSS, VRS, мережа, обробка, інформація, точність, система.

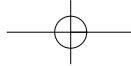
### ВСТУП

Практика проведення в Україні геодезичних, землевпорядних та інших робіт, що потребують високоточного координатно-часового забезпечення, показала, що застосування GNSS-технологій окремо або спільно з традиційними технологіями, заснованими на вико-

ристанні світлодалекомірів, тахеометрів і іншого устаткування, є дуже ефективним. Насамперед, це проявляється в темпах проведення вимірів, часі, необхідному для їх обробки, і якості кінцевих результатів. Отже, тільки розширення застосування GNSS-технологій може істотно підвищити ефективність та темпи виконання таких робіт. Проте традиційний спосіб проведення геодезичних, землевпорядних та інших робіт (далі – геодезичних робіт) з використанням GNSS-обладнання та післясеансної обробки спостережень має ряд недо-

© Я.С. ЯЦКІВ, В.П. ХАРЧЕНКО, В.М. ШОКАЛО,  
О.І. ТЕРЕЩУК, О.О. ЖАЛІЛО, В.М. КОНДРАТЮК,  
О.М. ЛУК'ЯНОВ, М.О. ЛИТВИН, Д.О. ШЕЛКОВЕНКОВ,  
О.В. КУЦЕНКО, О.О. ЖЕЛАНОВ, О.В. ГРІНЧЕНКО,  
М.О. ГАЗНЮК, Є.В.ВИШНЯКОВА, 2009





лікв, які в істотній мірі обмежують оперативність та продуктивність робіт. Ці недоліки можна подолати шляхом використання сучасних мережних технологій дециметрово/сантиметрового рівня точності, а саме на основі побудови інфраструктури формування і забезпечення опорної вимірювальної інформації рівномірно розподілених мереж перманентних GPS/GNSS-станцій. Наявність у будь-якому регіоні мережі станцій дає можливість забезпечити централізовану інформаційну підтримку геодезичних робіт користувачів по всій території регіону. При цьому в зоні покриття мережі користувачі одержують можливість досягнення сантиметрового рівня точності при використанні мінімального комплексу (одного приймача) супутникового геодезичного GPS-обладнання. Організація-власник мережі через провайдера послуг, що може бути суміщений з державним обласним кадастровим центром, матиме можливість координувати роботи, які проводяться в регіоні, стикувати отримані результати для ведення загально регіонального реєстру і т. ін.

У 2007 р. Головною астрономічною обсерваторією (ГАО) НАНУ було виконано пілотний проект [1] створення дослідного зразка (прототипу) інформаційно-вимірювальної GNSS-системи для підтримки геодезичної зйомки. Основою для виконання проекту послужили результати досліджень, які були отримані в ході попередніх розробок ГАО НАНУ в 2005–2007 рр. [2]. Співвиконавці проекту – Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ), Національний авіаційний університет (НАУ, м. Київ), Чернігівський державний інститут економіки і управління (ЧДІЕУ).

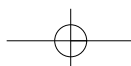
Інноваційний проект спрямований на впровадження в Україні сучасних високоточних супутникових технологій типу VRS для забезпечення інформаційної підтримки геодезичної зйомки, кадастру, керування земельними ресурсами.

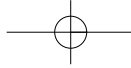
Відмінна риса проекту – орієнтація на зниження цін GPS/GNSS-устаткування користу-

вачів, забезпечення масових інформаційних послуг. Технологія базується на можливості спільної обробки спостережень мережі перманентних референцних (базових) GPS/GNSS-станцій і приймачів споживачів в одному або кількох спеціалізованих центрах.

У 2007 р. було завершено перший етап розробки. Створено й виконано тестування прототипу системи, що реалізує принципи мережної (зональної) диференціальної VRS-корекції похибок спостережень і надання інформаційних послуг на всій території регіону, що обслуговується. До складу системи входять підсистеми базових станцій збору й накопичення даних, обробки спостережень (пост-обробка), передачі DGPS/RTK-корекцій у реальному часі з використанням технології NTRIP, апаратно-програмні засоби споживача для обміну даними із центром обробки й прийому DGPS/RTK-корекцій спостережень із використанням засобів мобільного зв'язку GSM/GPRS. Були проведені експериментальні випробування з використанням вимірювальної інформації мережі GPS/GNSS-станцій у м. Київ (ГАО НАНУ), м. Чернігів (ЧДІЕУ), м. Прилуки Чернігівської обл. і тестових спостережень споживачів. Показано, що в зоні дії мережі станцій з міжбазовими відстанями 130–150 км досягається сантиметрова/субдециметрова точність координатних визначень (одно- і двочастотні GPS-приймачі) у режимі пост-обробки. При реалізації DGPS/RTK-позиціонування в реальному часі споживачі можуть виконувати геодезичну RTK-зйомку (точність 2–5 см) у радіусі 20 км відносно найближчої базової станції.

Подальший розвиток системи планується провести у напрямі забезпечення автоматизації збору та обробки інформації станцій мережі. Протягом найближчих двох років планується провести натурні випробування технічних засобів та програмного забезпечення у режимі спільної експлуатації і ввести систему в дослідну експлуатацію. Результати виконання проекту можуть бути основою для подальшого розвитку і впровадження розробленої технології на всій території України.





У статті стисло описані головні результати виконання інноваційного проекту зі створення прототипу вітчизняної інформаційно-вимірювальної GNSS-системи та мережної VRS-технології забезпечення геодезичних і кадастрових зйомок.

### КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ТА АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ

Мережні технології високоточних геодезичних визначень ґрунтуються на реалізації можливостей спільної обробки результатів спостережень, виконаних у мережі референційних станцій, і формування так званих широкозонних корекцій для точного урахування іоносферних, ефемеридних, частотно-часових і тропосферних похибок. Така обробка передбачає використання сильної просторово-часової корельованості зазначених похибок для всіх станцій мережі з метою оцінки цих похибок окремо або у вигляді лінійних комбінацій разом з іншими параметрами (координатами станцій, відхиленнями шкал часу між станціями та ін.). Результати оцінювання похибок (або параметрів їх моделей) інтерполюються на місця розташування споживачів робочої зони мережі. Висока точність координатних визначень за фазовими GPS-спостереженнями досягається шляхом відновлення безперервності і розрізнення невизначеності фазових спостережень референційних GPS-станцій і спостережень споживачів. Сформовані виправлення й змодельовані на їх основі "віртуальні" спостереження за допомогою Інтернету (або іншими способами) передаються для обробки результатів спостережень споживачів. Крім того, для післясеансної обробки інформації споживачі, використовуючи Інтернет, мають доступ до даних, що містяться в архіві центру збору й обробки.

Архітектура пропонованої до розгортання регіональної системи близька за принципами побудови до перманентних мереж GPS-станцій та до систем, що існують у Німеччині, Швейцарії, Швеції і багатьох інших країнах

світу. Вона призначена для задоволення вимог споживачів щодо інформаційного забезпечення геодезичних та кадастрових зйомок при мінімізації вартості устаткування і послуг.

Для регіональної системи передбачаються такі режими взаємодії зі споживачами: режим післясеансної обробки, який реалізується у першу чергу, і режим високоточного місцевизначення реального часу RTK (Real Time Kinematic).

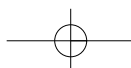
Для режиму післясеансної обробки пропонується впровадити два варіанти взаємодії системи з кінцевим споживачем. Перший з них передбачає індивідуальну обробку спостережень в офісі споживача. Для цього йому необхідне спеціалізоване програмне забезпечення, що поставляється розробником системи, і доступ (за передплатою) у мережі Інтернет до відповідних файлів ("очищених" і відкоректованих RINEX-файлів спостережень мережі, файлів широкозонних корекцій, додаткової інформації – цілісність GPS, точні IGS/EPN-ефемериди, дані про іоносферні затримки та ін.). У цьому випадку споживач сам виконує обробку всіх спостережень і представляє необхідні дані за призначенням.

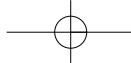
Другий варіант взаємодії зводиться до схеми післясеансної обробки в сервісних центрах з використанням спеціалізованого, адаптованого під ці задачі, програмного забезпечення. При цьому обробка спостережень споживачів буде виконана одночасно з ув'язуванням усіх результатів зйомки.

Цей випадок має такі переваги перед індивідуальною обробкою даних у кожного зі споживачів:

- ✦ істотні зниження витрат споживачів на обробку даних;
- ✦ досягнення найвищої якості геодезичної зйомки;
- ✦ полегшення і централізація керування земельно-кадастровими роботами і відповідними базами даних.

Режим зйомки RTK з використанням мережі базових станцій доцільно використовувати





в районах інтенсивних геодезичних робіт через складність і високу вартість організації такого режиму. Функції RTK можуть бути реалізовані як у традиційному варіанті (кожна обрана базова станція надає користувачам відповідні RTCM-повідомлення, які придатні для використання на відстані 20–25 км від станції), так і у варіанті RTK/VRS (мережевий варіант RTK), коли в реальному часі формується інформація VRS для кожного зі споживачів за даними найближчих станцій мережі. В останньому випадку використовують засоби мобільного зв'язку для інформаційного обміну. Але такий режим в нинішніх економічних умовах України поки що не може бути широко використаний через високу вартість двочастотних GPS-приймачів з функцією RTK, що робить його недоступним масовому українському споживачу.

У разі ж потреби використання RTK-режиму вихід полягає у використанні традиційної схеми RTK-режиму "базова станція – радіоканал (включаючи GSM/GPRS-зв'язок) – мобільний приймач".

### ОСНОВНІ СКЛАДОВІ СИСТЕМИ ТА ЇХ ФУНКЦІЇ

Інформаційно-вимірювальна GNSS-система створюється у вигляді ієрархічної структури (див. рис. 1). У цій структурі можна виділити такі складові:

- ✦ підсистема спостережень та реєстрації вимірювальної інформації, основними елементами якої є базові GNSS-станції мережі;
- ✦ підсистема реального часу;
- ✦ підсистема зв'язку та передачі інформації, яка базується на існуючих засобах і технологіях зв'язку та передачі даних;
- ✦ підсистема збору і післясеансної обробки інформації.

Функціональні задачі підсистеми спостережень та реєстрації полягають у здійсненні реєстрації вимірювальної інформації та її наданні підсистемі реального часу. Функції підсистеми реального часу полягають у передачі даних користувачам з використанням технології NTRIP, а також компресії вимірювальної інформації станцій мережі і її передачі у підсистему збору і післясеансної обробки. Функції підсистеми

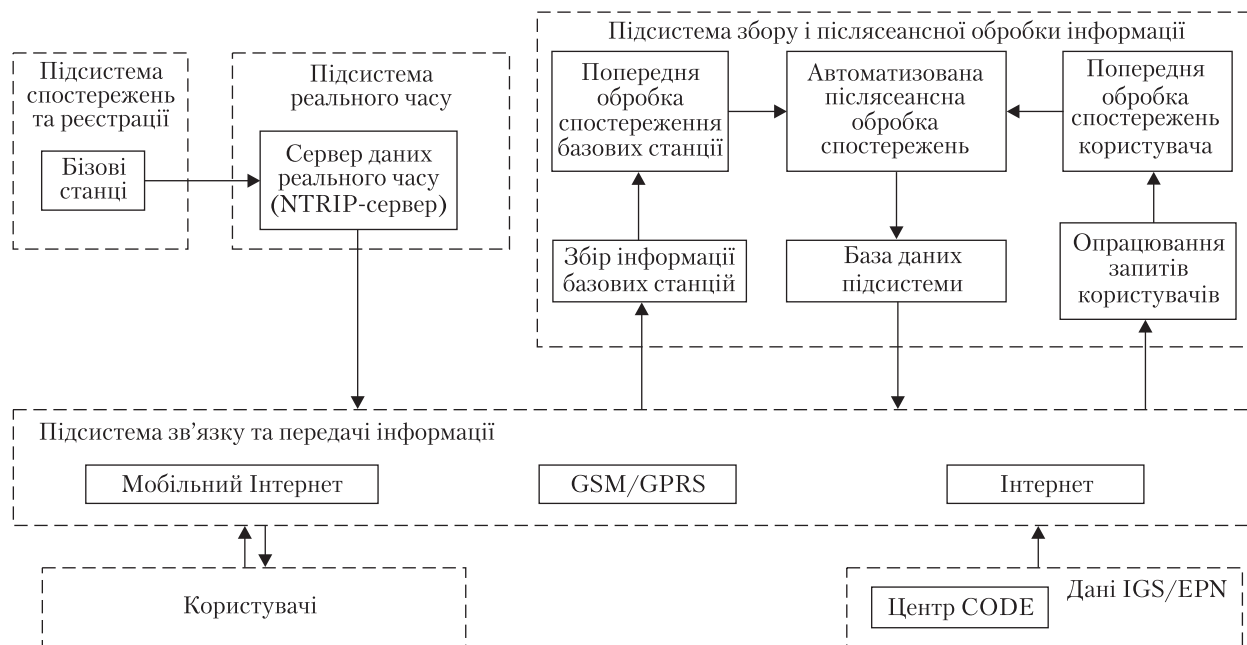
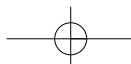
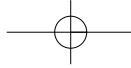


Рис. 1. Архітектура інформаційно-вимірювальної GNSS-системи





збору і післясеансної обробки полягають у архівуванні результатів вимірювань системи, обробці зареєстрованої інформації, у тому числі з використанням доступної інформації Центру CODE IGS.

#### ТЕХНІЧНІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

З урахуванням цільового призначення і запланованого практичного використання результатів функціонування після завершення проекту система повинна забезпечувати:

- ✦ доступ до даних базових станцій, а саме надання вимірювань референціальних станцій, генерацію корекцій та дистанційну постобробку сесій GPS-спостережень клієнтів, архівування вимірів мережі і контроль їх якості;
- ✦ можливість для користувачів виконувати польові роботи з використанням двочастотних і одночастотних GNSS-приймачів, при цьому пропонується централізована післясеансна обробка спостережень користувачів;
- ✦ очікувана точність координатних визначень в зоні дії системи при базових відстанях між елементами GPS мережі до 120÷150 км при тривалості сесій спостережень не менше 30 хвилин:
  - 2÷5 см в режимі статичної зйомки;
  - 1÷2 дм в режимі кінематичної/stop&go зйомки.

Взаємодія споживачів з системою реалізується через засоби Інтернет (e-mail, FTP-сервер) та через засоби GPRS/GSM-зв'язку. Крім того, система через засоби Інтернет (технологія NTRIP) має можливість розповсюджувати RTCM DGPS/RTK-корекції реального часу.

#### РЕАЛІЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗРАЗКА СИСТЕМИ

Під час виконання робіт у 2007 році було прийняте рішення про створення експериментальної ділянки системи на території Київської і Чернігівської областей у складі трьох GPS-станцій: двох існуючих на момент почат-



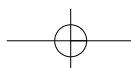
Рис. 2. Антена перманентної GPS/GNSS-станції GLSV (м. Київ, ГАО НАНУ)



Рис. 3. Антена перманентної GPS/GNSS-станції CNIV (м. Чернігів, ЧДІЕУ)

ку робіт — у м. Київ (ГАО НАНУ, рис. 2) та у м. Чернігів (ЧДІЕУ, рис. 3), а також спеціально створеної станції у м. Прилуки Чернігівської обл. (рис. 4).

Зазначені три базові станції утворюють майже рівносторонній трикутник з базовими відстанями приблизно 130 км. Така конфігурація забезпечує оптимальні умови для інтерполяції систематичних похибок спостережень в зоні дії мережі (коло, що покриває трикутник, утворений станціями).



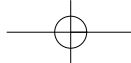


Рис. 4. Розгортання перманентної GPS/GNSS-станції PRYL (м. Прилуки)



Рис. 5. Макетний зразок одночастотного приймача, розроблений в НАУ

Сегмент споживача (для цілей експериментального відпрацювання системи і верифікації точності координатних визначень) складався з двох типів геодезичних GPS-приймачів:

- + двочастотного приймача класу "high-end" (NovAtel ProPak-G2 L1&L2);
- + одночастотного приймача класу "medium" (типу NovAtel FlexPak-V1) – розробка НАУ. Розроблений НАУ макетний зразок одночастотного приймача (рис. 5) забезпечує:
  - + передачу даних (GPS/GNSS спостережень) споживача в центр автоматизованої обробки інформаційно-вимірювальної GNSS-системи з використанням засобів мобільного зв'язку GSM/GPRS;

- + приймання квитанцій про закінчення обробки та прийняття (зчитування) результатів обробки спостережень з FTP-серверу, центру обробки спостережень;
- + приймання та декодування повідомлень в форматі NTRIP, виділення відповідних DGPS/RTK-коректувань у форматі RTCM 2.3 та реалізація диференціального режиму визначень координат в апаратурі споживача.

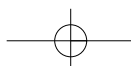
Центр збору, обробки, архівації і взаємодії зі споживачами було створено у ГАО НАНУ з урахуванням наявного багаторічного досвіду і можливостей по управлінню мережею референціальних перманентних IGS/EPN-станцій України і взаємодії з відповідними міжнародними науковими центрами.

Програмне забезпечення Центру, реалізоване під час виконання проекту, складається з трьох основних функціональних компонентів:

- + програмного забезпечення "ОСТАВА\_PPA" [3] для проведення експрес-аналізу якості спостережень та проведення попередньої обробки інформації, зокрема для відбракування вимірів, що містять збільшені похибки, а також усунення стрибків фазових спостережень;
- + програмного забезпечення обчислення мережної коректувальної інформації;
- + програмного забезпечення розрізнення фазових невизначеностей та оцінки координат.

Структура програмного забезпечення системи та схема його взаємодії з користувачем та іншими елементами центру обробки спостережень показана на рис. 6.

За допомогою цього програмного забезпечення здійснюється оцінювання параметрів зональних моделей тропосфери і іоносфери порізно. Зокрема, формування параметрів зональної моделі тропосфери здійснюється шляхом широтно-довготної й висотної апроксимації зенітних тропосферних затримок, визначених у точках розміщення базових станцій мережі за результатами обробки безіоносферних комбінацій надлишкового набору їхніх вимірювань. Для широтно-довготної апроксимації зенітних



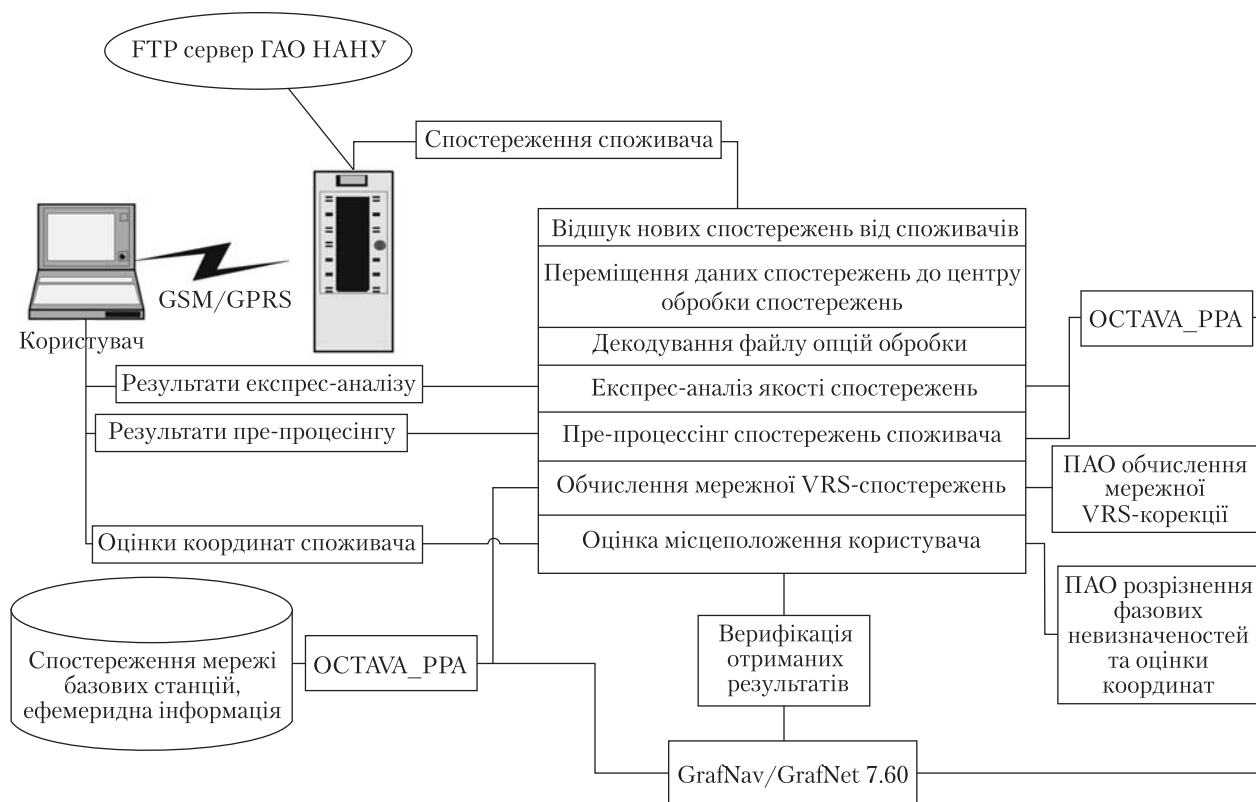
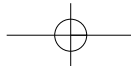


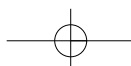
Рис. 6. Структура програмного забезпечення системи та схема його взаємодії з користувачем та іншими елементами центру обробки спостережень

тропосферних затримок використовується поліноміальна функція, залежна від широти й довготи. Висотна апроксимація здійснюється з використанням експоненціальної залежності вказаних затримок від висоти.

Оцінювання параметрів зональної моделі іоносфери здійснюється на основі обробки "вільних від геометрії" комбінацій надлишкового набору вимірювань станцій мережі. При цьому зенітні затримки іоносфери представляються у вигляді поліноміальної функції двох змінних величин: різниць широт й довгот користувача і підсонячної точки, яка повільно пересувається синхронно з обертанням Землі. Параметри апроксимуючої функції протягом сеансу спостережень змінюються повільно і в рамках такої моделі іоносфери дозволяють використовувати значну часову надлишковість вимірювань для підвищення точності оціню-

вання іоносферних затримок. Розрізнення фазових невизначеностей та оцінка координат за допомогою відповідного програмного забезпечення здійснюється в результаті спільної обробки вимірів споживача і всіх станцій мережі.

Передбачено два методи визначення місцеположення: з розрізненням (fixed-метод) або без розрізнення (float-метод) невизначеностей фазових вимірювань. Перший з них дозволяє отримати точніші оцінки координат, але лише за умови правильного розкриття фазових невизначеностей. Якщо ж гарантовано правильне розрізнення фазових невизначеностей неможливе (наприклад, у випадку збільшених похибок вимірів чи недостатньо довгого сеансу спостережень споживача), то fixed-координати можуть суттєво поступатися за точністю float-координатам, а тому доцільно прийняти останні як остаточний результат позиціонування.



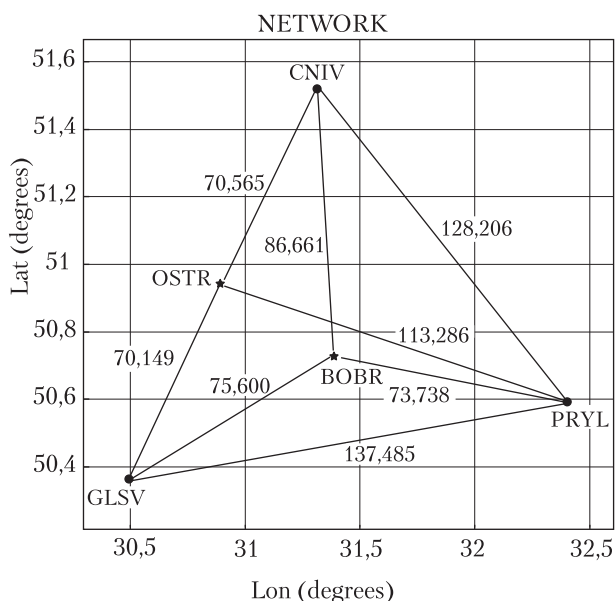
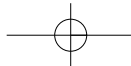


Рис. 7. Схема розміщення вимірювальних пунктів

Мережеве розрізнення невизначеностей фазових вимірів та оцінювання координат споживача виконується за такою схемою:

1. Підготовка вимірів усіх приймачів: відбракування даних, що відповідають низьким супутникам; корекція у вимірювальній інформації атмосферних похибок; синхронізація вимірів мережі станцій.

2. Обчислення float-рішення в результаті обробки перших різниць вимірів (різниць вимірів двох приймачів, що відповідають одному супутнику): спільне оцінювання координат споживача, розбіжності шкал часу споживача і мережі базових станцій на кожен момент часу, а також величин невизначеностей фазових вимірів як нецілих чисел. При одержанні float-рішення використовується зважена обробка вимірів усіх базових станцій. Величини вагових коефіцієнтів залежать від кутів піднесення супутників і від відстаней між споживачем і базовими станціями.

3. Розкриття фазових невизначеностей — обчислення їхніх цілочислових значень за одержаними float-оцінками.

4. Перевірка правильності розкриття фазових невизначеностей, основана на аналізі зна-

чень нев'язок отриманого float-рішення за умови заміни float-оцінок фазових невизначеностей на їхні цілочислові оцінки.

5. Точкове рішення навігаційної задачі при розкритих фазових невизначеностях (одержання fixed-рішення) — визначення координат споживача з використанням вимірів всієї мережі. У процесі обробки дані зважуються за тим же принципом, що й при одержанні float-рішення. Цей етап обробки виконується лише тоді, коли кількість вимірів з гарантовано правильним розкриттям фазових невизначеностей дозволяє отримати якісне рішення навігаційної задачі.

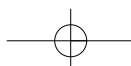
#### ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ GPS-СПОСТЕРЕЖЕНЬ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЇХ ОБРОБКИ У ПІСЛЯСЕАНСНОМУ РЕЖИМІ

13 грудня 2007 р. були проведені експериментальні GNSS-спостереження в Чернігівській області. Для проведення експерименту станції постійної GPS/GNSS-мережі України, а саме GLSV (Голосієво, м. Київ), CNIV (м. Чернігів) і PRYL (м. Прилуки), були налаштовані на видачу даних з темпом 1 Гц. Були вибрані два пункти для проведення експерименту: перший — м. Бобровиця Чернігівської області, розташоване майже у центрі трикутника GLSV — CNIV — PRYL, другий — м. Остер Чернігівської області, розташоване посередині бази GLSV — CNIV (рис. 7). Координати базових станцій та роверних пунктів наведені в табл. 1.

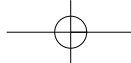
Експериментальні спостереження виконувались за таким планом.

1. Спостереження в м. Бобровиця Чернігівської області:

- ✦ розгортання трьох вимірювальних пунктів для проведення спостережень: пункт 1 — двочастотний приймач NovAtel DL4 з антеною GPS702 v. 3; пункти 2 і 3 — одночастотний приймач (розробник — НАУ) на базі плати NovAtel OEMV-1 з антеною GPS702GG;
- ✦ проведення трьохгодинних спостережень на кожному пункті;







**Науково-технічні інноваційні проекти Національної академії наук України**

† передача накопичених спостережень по GSM/GPRS-каналу зв'язку до центра обробки спостережень в ГАО НАНУ.

2. Спостереження в м. Остер Чернігівської області:

† розгортання одного вимірювального пункту для проведення вимірів з використанням спліттера — приймач NovAtel DL4, приймач на базі плати NovAtel V1, спліттер, антена типу GPS702GG.

3. Обробка спостережень в центрі обробки в ГАО НАНУ з використанням програмного забезпечення "OCTAVA\_PPA" (ГАО НАНУ) [3] та "GrafNav/GrafNet" (WPC/NovAtel Inc., Канада).

Протягом досліджень було виконано дві сесії спостережень: *перша* — ровери розміщені в м. Бобровиця — 8:00—11:30 (по шкалі часу UTC); *друга* — ровери розміщені в м. Остер — 14:25—16:35.

Під час експериментів антени роверних приймачів були розміщені на відстані кількох метрів одна від одної.

Опорні значення координат базових станцій GLSV та CNIV, які входять до складу мережі IGS, були взяті з сайту IGS. Опорні значення координат базової станції PRYL та роверних приймачів визначалися з використанням програмного комплексу GrafNav/GrafNet ver.7.60.2425.

Попередня обробка вимірювальних даних усіх приймачів проводилася за допомогою програмно-алгоритмічного комплексу "OCTAVA\_PPA" і включала відбракування вимірів, що містять великі похибки, а також усунення стрибків фазових вимірів. На основі цих даних розв'я-

зувалася задача розрізнення фазових невизначеностей на частотах L1 і L2 та визначення місцеположення роверів.

Обробка і аналіз вимірювальної інформації станцій мережі і роверних приймачів здійснювалися у післясеансному режимі у наступній послідовності:

† попередня обробка інформації з виключенням аномальних похибок і усуненням стрибків фаз вимірювань;

† формування еталонних координат роверів у результаті обробки інформації станцій мережі і роверних приймачів з допомогою програмного комплексу GrafNav/GrafNet ver. 7.60.2425;

† рішення задачі розрізнення невизначеностей фазових вимірювань базових станцій мережі;

† визначення параметрів зональної моделі тропосфери та іоносфери — формування VRS-корекцій;

† мережне визначення координат роверних приймачів з розрізненням (fixed-метод) і без розрізнення (float-метод) невизначеностей фазових вимірювань;

† порівняльний аналіз результатів обробки інформації програмним забезпеченням підсистеми автоматизованої реєстрації та післясеансної обробки GNSS-спостережень і програмним комплексом GrafNav/GrafNet ver. 7.60.2425;

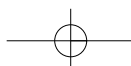
† визначення координат роверних приймачів у режимі DGNS по згладжених з використанням фаз кодовим спостереженням.

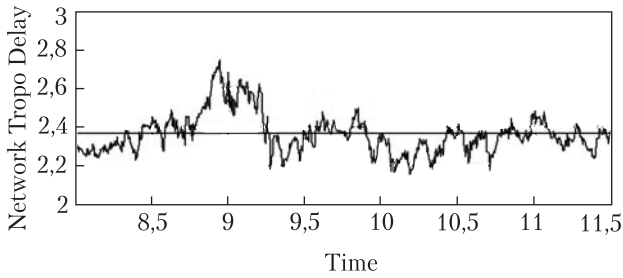
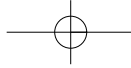
Результати мережної оцінки параметрів зональної моделі тропосфери, зокрема зенітної

Таблиця 1

**Базові GPS-станції мережі**

№ пор.	Ідентифікатор	Місцеположення	Широта, град.	Довгота, град.	Висота, м
1	GLSV	Київ, Голосіїво	50,364183	30,496733	226,386143
2	CNIV	Чернігів	51,518939	31,313600	176,047143
3	PRYL	Прилуки	50,592142	32,400416	170,766409
4	Пункт 1, пункт 2	Бобровиця	50,741284	31,384204	159,308259
5	Пункт 1, пункт 2	Остер	50,942380	30,892565	130,523632



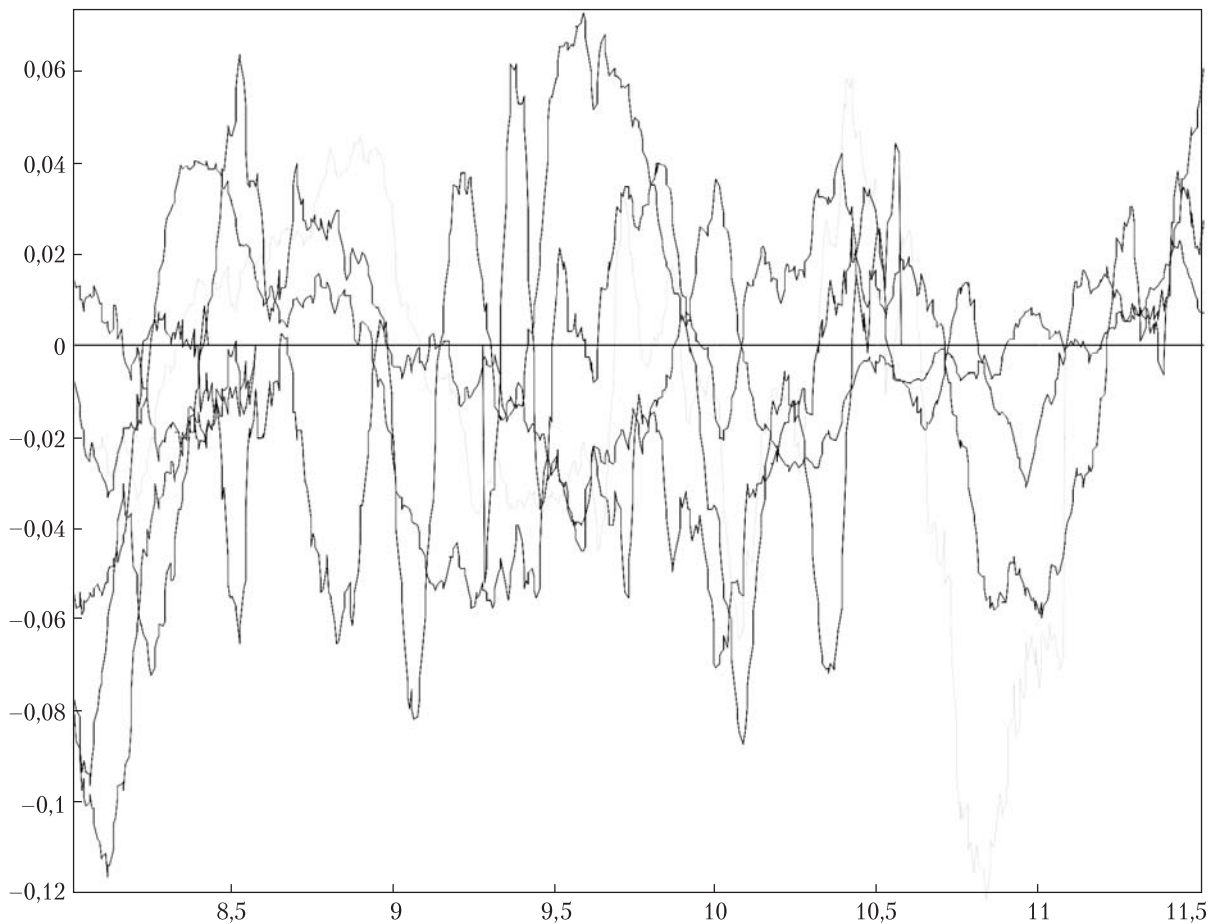


**Рис. 8.** Мережна і усереднена оцінки зенітних тропосферних затримок в точці розміщення станції GLSV

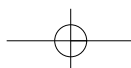
тропосферної затримки для станції у м. Києві, наведені на рис. 8. Мережна оцінка зенітної затримки, одержана для кожної точки сеансу вимірювань, чутлива до похибок вимірювань,

які швидко змінюються. Тому в результаті обробки отримували тільки усереднену протягом кількох годин оцінку тропосферної затримки. Порівняння отриманої в результаті обробки вимірювальної GPS-інформації усередненої оцінки тропосферної затримки досить точно співпадає з оцінками, зробленими з використанням інших моделей. Зокрема, відхилення отриманої оцінки тропосферної затримки від оцінки, обчисленої з використанням моделі MOPS [4], складає приблизно 4 см, що в цілому відповідає статистичним характеристикам цієї моделі.

Оцінка якості визначення параметрів зональної моделі іоносфери здійснювалася непрямим методом, а саме за величинами відхилень



**Рис. 9.** Відхилення лінійних комбінацій вимірювань від їхніх мережних оцінок



лінійних, вільних від впливу тропосфери, комбінацій вимірювань від їх оцінок, сформованих у результаті мережної оцінки параметрів іоносферної моделі. На рис. 9 наведено графік отриманих відхилень для всіх навігаційних супутників, які спостерігались у ході сеансу вимірювань. Складні погодні умови під час експерименту призвели до суттєвого збільшення похибок вимірювань, обумовлених багатопроменевим поширенням сигналів, що проявляється у збільшених відхиленнях для деяких супутників, котрим відповідають малі кути місця.

Результати експериментального визначення координат роверів наведені в табл. 2–5. Кожному приймачеві й кожній сесії спостережень відповідають три таблиці, що містять середні за сеансом значення відхилень обчислених координат від еталонних значень, їхні середньо-квадратичні похибки (СКП) і граничні похибки оцінок координат для float- і fixed-рішень.

Крім експериментальної перевірки функціонування програмного забезпечення, яка відбулася 17 грудня 2007 р. під час демонстрації результатів, проводилася також обробка вимірювальної інформації, зареєстрованої 15 жовтня 2005 р. в Харківській області.

Мережу створювали приймачі, розташовані на відстані приблизно 150 км один від одного у містах Краснокутськ, Лозова та Великий Бурлук. Крім того, було використано виміри чотирьох роверних приймачів. Координати всіх пунктів спостережень наведені в табл. 6, а їхнє взаємне розташування показано на рис. 10 (всі відстані позначені у кілометрах). Спостереження реєструвалися один раз на 5 сек, кожному з роверних приймачів відповідав сеанс вимірів тривалістю приблизно 2 год 20 хв.

Результати експериментального визначення координат роверів за фазовими вимірами на частоті L1 з використанням вимірювальної інформації мережі базових станцій наведені в табл. 7–10. Ці таблиці містять середні за сеансом значення відхилень обчислених координат

від еталонних значень, їхні середньоквадратичні похибки (СКП) і граничну похибку, що включає 95 % значень відхилень координат.

На основі аналізу наведеної в таблицях інформації можна зробити такі висновки.

Результати обробки вимірювальної інформації базових станцій мережі і роверних приймачів, отримані з використанням програмного забезпечення підсистеми післясеансної обробки GNSS-спостережень, відповідають результатам обробки, отриманим з використанням еталонного програмного забезпечення (ПЗ) GrafNav/GrafNet. Відносне відхилення координат, отриманих за допомогою розробленого ПЗ і еталонного ПЗ GrafNav/GrafNet, не перевищує гранично можливих значень, розрахованих за

Таблиця 2

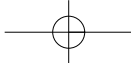
## Пункт 1, м. Бобровиця

Середнє відхилення оцінок координат	dE	dN	dH
Float-розв'язок	-0,009987	-0,00346	0,011131
Fixed-розв'язок	-0,043826	0,033532	-0,12232
СКП оцінок координат	dE	dN	dH
Float-розв'язок	0,00934	0,00579	0,00856
Fixed-розв'язок	0,043642	0,036232	0,069005
Гранична похибка (95 %)	dE	dN	dH
Float-розв'язок	0,021182	0,012085	0,020420
Fixed-розв'язок	0,097668	0,079846	0,184418

Таблиця 3

## Пункт 2, м. Бобровиця

Середнє відхилення оцінок координат	dE	dN	dH
Float-розв'язок	-0,016366	-0,007099	0,023488
Fixed-розв'язок	-0,048811	0,034195	-0,121234
СКП оцінок координат	dE	dN	dH
Float-розв'язок	0,00964	0,00633	0,00915
Fixed-розв'язок	0,042237	0,037537	0,072086
Гранична похибка (95 %)	dE	dN	dH
Float-розв'язок	0,025289	0,014514	0,029775
Fixed-розв'язок	0,097562	0,082494	0,188369



**Науково-технічні інноваційні проекти Національної академії наук України**

отриманими СКП цих оцінок. Це свідчить про коректність результатів, сформованих за допомогою розробленого ПЗ.

Відзначимо, що якість вимірювальної інформації, обробленої в ході другого експеримен-

ту, не дала можливості розкрити фазові невизначеності, і тому отриманий float-розв'язок був прийнятий як остаточний результат визначення місцеположення. Ймовірною причиною низької якості даних є те, що в день проведення вимірів йшов сніг і на всіх станціях склалися несприятливі для спостереження умови: підвищився рівень багатопроменевості у результатах кодових та фазових вимірів. Необхідно наголосити, що за таких умов еталонне ПЗ GrafNav/GrafNet також виявилось неспроможним одержати fixed-розв'язок. Тому в таблицях 7–10 наведено результати порівняння двох float-оцінок координат (обчислених за допомогою розробленого й еталонного ПЗ).

Водночас отримані результати експериментальних досліджень дозволяють вважати доведеною можливість досягнення субдециметрового та сантиметрового рівня точності не тільки двочастотних, але й одночастотних координатних визначень з використанням фазових спостережень GPS-мереж перманентних референціальних станцій з базовими відстанями 130–150 км.

**НАТУРНЕ ТЕСТУВАННЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО  
КОМПЛЕКСУ ПІДСИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ  
DGPS/RTK КОРЕГУВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ  
ОКРЕМИХ РЕФЕРЕНЦІЙНИХ СТАНЦІЙ МЕРЕЖІ  
В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ З ВИКОРИСТАННЯМ  
ТЕХНОЛОГІЇ NTRIP**

Стандарт NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) призначений для передачі різних даних GNSS-систем через гло-

Таблиця 4

**Пункт 1, м. Остер**

Середнє відхилення оцінок координат	dE	dN	dH
Float-розв'язок	-0,098604	0,036463	0,017417
Fixed-розв'язок	-0,005495	0,000359	0,047583
СКП оцінок координат		dN	dH
Float-розв'язок	0,02682	0,00653	0,01167
Fixed-розв'язок	0,013777	0,024020	0,069307
Гранична похибка (95 %)	dE	dN	dH
Float-розв'язок	0,112249	0,038731	0,029122
Fixed-розв'язок	0,028096	0,048041	0,146553

Таблиця 5

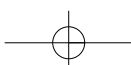
**Пункт 2, м. Остер**

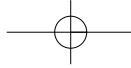
Середнє відхилення оцінок координат	dE	dN	dH
Float-розв'язок	-0,099519	0,036593	0,017600
Fixed-розв'язок	-0,005673	0,000247	0,048943
СКП оцінок координат	dE	dN	dH
Float-розв'язок	0,02671	0,00657	0,01171
Fixed-розв'язок	0,014002	0,024025	0,070753
Гранична похибка (95 %)	dE	dN	dH
Float-розв'язок	0,1129501	0,038880	0,029296
Fixed-розв'язок	0,0285728	0,048050	0,149731

Таблиця 6

**Базові GPS-станції мережі**

№	Ідентифікатор	Місцеположення	Широта, град.	Довгота, град.	Висота, м
1	BURL	Великий Бурлук	50,105411	37,295914	228,714333
2	KK	Краснокутськ	50,079160	35,116206	202,974353
3	LOZO	Лозова	48,923000	36,313473	161,065149
4	BALA	Балаклея	49,457007	36,866419	93,812908
5	DMSB	Харків	50,039538	36,290267	218,933492
6	STAR	Старовірівка	49,516184	35,814591	199,873897
7	Mayd	Майдан	49,283149	36,172803	199,264934





бальну мережу Інтернет. Стандарт NTRIPv.1.0 передбачає наявність трьох компонентів побудови системи [5, 6]:

- † NTRIPCaster – програмне забезпечення, встановлюється в центрах обробки й забезпечує зв'язок між джерелами й споживачами GNSS-інформації;
- † NTRIPServer – програмне забезпечення, призначене для перетворення інформації у формат NTRIP і відправлення її на NTRIPCaster (зазвичай встановлюється на базових станціях);
- † NTRIPClient – програмне забезпечення, що забезпечує прийом інформації від NTRIPCaster і її декодування.

Однією з переваг технології NTRIP є її гнучкість:

- † протокол дає можливість передавати практично будь-які дані ("сирі" дані приймачів, диференціальні виправлення й інше);
- † протокол дає можливість організувати доступ "багатьох до багатьох", тобто безліч базових станцій можуть поширювати свою інформацію серед великої кількості споживачів;
- † велика кількість варіантів NTRIPClient вільно або на платній основі доступні в Інтернет, у т.ч. версії для мобільних пристроїв, таких, як мобільні телефони.

При виконанні роботи були реалізовані такі компоненти системи. На базі серверів ХНУРЕ й ГАО НАНУ було встановлено програмне забезпечення Standard NTRIP Caster 0.1.5 (BKG, Німеччина). Воно було придбане та безкоштовно надане для виконання експериментів фірмою ТОВ "Європромсервіс", м. Харків.

Для тестування підсистеми виконана установка програмного забезпечення NTRIPServer і налаштування для таких базових станцій:

- GLSW/GLSV (NovAtel DLV-3), м. Київ, ГАО НАНУ;
- PRYL (NovAtel DLV-3), м. Прилуки;
- SURE (NovAtel PeoPak-LB), м. Харків, ХНУРЕ;
- NAU1 (NovAtel PeoPak-LB), м. Київ, НАУ.

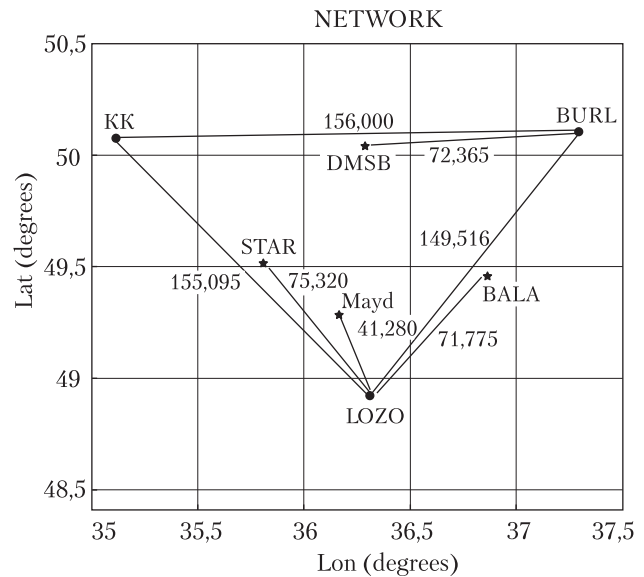


Рис. 10. Схема розміщення вимірвальних пунктів

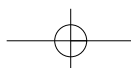
Кожна базова станція була настроєна на передачу набору диференціальних корекцій (RTCM типи 1, 3, 9, 18, 19, 22), що дає можливість реалізувати як координатні визначення субметрового рівня точності в режимі DGPS, так і сантиметрового рівня точності в режимі RTK з використанням фазових спостережень.

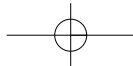
Для проведення випробувань підсистеми був створений мобільний комплекс, що включає роверний приймач NovAtel DL-V3 RT2 з антеною (надані ТОВ "Європромсервіс", м. Харків) та з можливістю прийому як DGPS, так і RTK виправлень, мобільного комп'ютера із програмним забезпеченням NTRIP GNSS Radio, GSM/GPRS модему.

Схему апаратно-програмного комплексу підсистеми передачі DGPS/RTK корегувальної інформації станцій мережі в реальному часі з використанням технології NTRIP показано на рис. 11.

Під час виконання експерименту (перша сесія) роверний приймач був встановлений на відстані близько 11,6 км від базової станції GLSW (ГАО НАНУ).

Для одержання еталонних координат прийомної антени роверного приймача було виконано





**Науково-технічні інноваційні проекти Національної академії наук України**

Таблиця 7

**BALA**

Fixed-рішення	dE	dN	dH
Середнє відхилення від еталону	0,01449	0,00647	-0,04235
СКП	0,01229	0,02582	0,04602
Гранична похибка (95 %)	0,02854	0,05204	0,10131

Таблиця 8

**DMSB**

Fixed-рішення	dE	dN	dH
Середнє відхилення від еталону	0,01095	0,00252	0,00525
СКП	0,01049	0,02381	0,04786
Гранична похибка (95 %)	0,02366	0,04770	0,09587

Таблиця 9

**STAR**

Fixed-рішення	dE	dN	dH
Середнє відхилення від еталону	0,00571	0,00342	-0,00674
СКП	0,01049	0,02144	0,04330
Гранична похибка (95 %)	0,02174	0,04303	0,08687

Таблиця 10

**Mayd**

Fixed-рішення	dE	dN	dH
Середнє відхилення від еталону	0,01683	-0,00298	-0,04038
СКП	0,01081	0,02832	0,05321
Гранична похибка (95 %)	0,02741	0,05671	0,11384

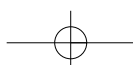
накопичення первинної вимірювальної інформації, тривалість сесії склала близько 40 хв. Еталонні координати отримані відносно перманентної IGS-станції GLSV (ГАО НАНУ) з використанням програмного забезпечення GrafNet (NovAtel/WPC Inc., Канада). Похибка визначення еталонних координат оцінюється на рівні 1 см (3 "сигма").

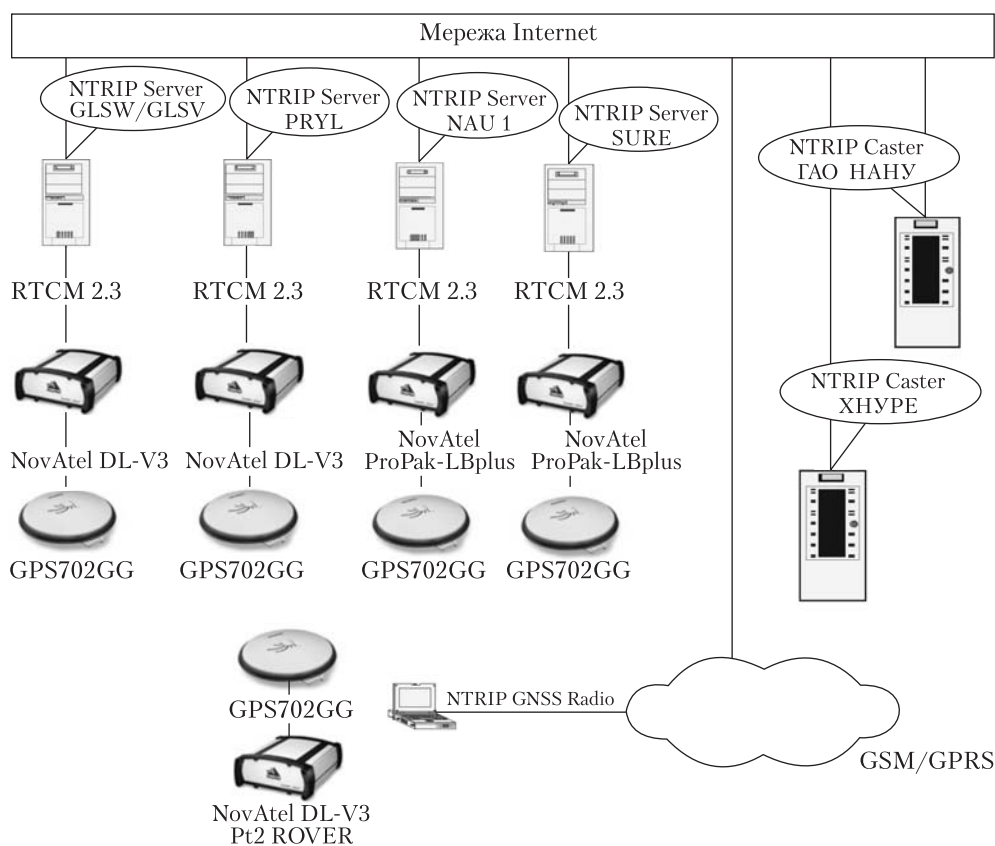
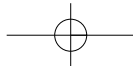
Приблизно через 20 хв після початку вимірювальної сесії за допомогою GSM/GPRS був встановлений зв'язок з NTRIP Caster ХНУРЕ, виконана настройка прийому диференціальних корекцій базової станції GLSW.

Через 9 с після початку прийому корекцій приймач видав двочастотне fixed RTK-рішення. При цьому затримки на передачу диференціальних виправлень від базової станції GLSW до ровера не перевищували 10–15 с. Як показав післясеансний аналіз отриманого координатного рішення, точність одержуваного в цей період рішення становить 1,5–2 см для планових координат і 3–4 см для висотної складової (рис. 12).

Після 12 хв безперервної усталеної роботи в режимі L1/L2 fixed відбулося збільшення часової затримки передачі диференціальних корекцій до 1–5 хв, що, мабуть, було викликане збільшенням загального навантаження в мережі мобільного оператора GSM. При цьому дані від базових станцій до NTRIP Caster ХНУРЕ продовжували надходити з мінімальними затримками. Після припинення передачі виправлень протягом 60 с приймач продовжував показувати наявність двочастотного fixed RTK-рішення з поступовим погіршенням точності (по внутрішній оцінці приймача) до 1 дм для планових координат і 2 дм для висотної складової, що підтверджується результатами післясеансного аналізу.

Після зриву L1/L2 fixed-режиму приймач протягом 15 хв працював у режимі отримання DGPS-рішення з використанням тільки кодівих спостережень із рівнем точності 1–1,5 м для планових координат і 2,5–3 м для висоти.





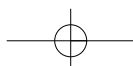
**Рис. 11.** Схема апаратно-програмного комплексу підсистеми передачі DGPS/RTK корекційної інформації з використанням технології NTRIP

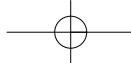
При роботі від базової станції НАУ (віддалення близько 22 км) приймач обчислював двочастотне float-рішення (без розкриття фазової неоднозначності). Під час експерименту нестабільність каналу зв'язку (корекції передавалися безупинно протягом 1–2 хв, після чого виникала перерва зв'язку) не дала можливості надійно проаналізувати одержувану точність координатних визначень і часову динаміку зміни точності float-рішення, тому що при роботі на граничних для технології RTK базових відстанях потрібен більший час ініціалізації.

Друга сесія експерименту виконувалася на території ГАО НАНУ, однак проблеми з GSM/GPRS-каналом зв'язку не дали можливості одержати стійкого RTK-рішення.

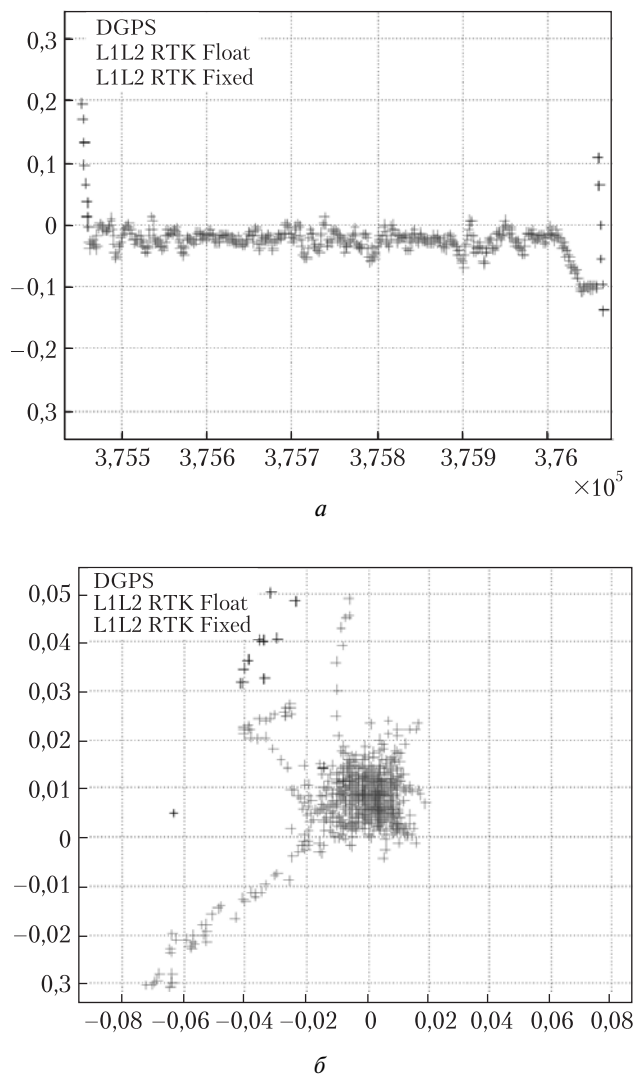
Ще дві сесії експериментальних робіт з тим же набором устаткування були проведені 24 жовтня 2007 р. в м. Харкові на відстанях близько 5,6 і 10,6 км від базової станції ХНУРЕ. Проведені роботи підтвердили можливість одержання сантиметрового рівня точності координатних визначень при використанні запропонованого підходу побудови підсистеми. Однак вони підтвердили й необхідність організації більш стабільного каналу зв'язку, ніж стандартний GSM/GPRS пакетний зв'язок, наданий мобільними операторами і використовуваний під час експерименту.

За результатами проведених одних з перших в Україні експериментів можна зробити висновки:





**Науково-технічні інноваційні проекти Національної академії наук України**



**Рис. 12.** Нев'язки оцінок планових координат fixed RTK-рішення відносно еталонних значень координат (зліва) та невязки оцінок висоти fixed RTK-рішення відносно еталонних значень координат (справа)

1. Існує одержання високоточних координатних визначень сантиметрового рівня точності в режимі реального часу з використанням NTRIP-технології передачі диференціальних корекцій.

2. Одним з найважливіших елементів впровадження комплексу RTK є організація надійного GSM/GPRS-каналу зв'язку, враховуючи такі фактори:

- швидкість та надійність обміну інформацією між Інтернет-провайдером, що надає доступ до NTRIPCaster, і конкретним оператором стільникового зв'язку;
- тарифний план при використанні GPRS-зв'язку користувачем;
- загальне завантаження мережі оператора мобільного зв'язку, залежного від години доби й інших факторів.

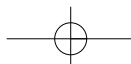
Рішення даних проблем вимагає консультацій з операторами мобільного зв'язку та їх врахування при подальшому проектуванні системи.

3. Для одержання надійніших результатів оцінки точності RTK-режиму потрібне проведення додаткових експериментів на відстанях від базової станції до 25–30 км.

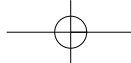
#### **ВИСНОВКИ**

У 2007 р. ГАО НАНУ та співвиконавці виконали інноваційний (науково-технічний) проект, в процесі здійснення якого було створено прототип (демонстраційний зразок) інформаційно-вимірювальної супутникової GPS/GNSS-системи забезпечення геодезичних та кадастрових зйомок на рівні дециметрової/сантиметрової точності з використанням спостережень регіональної мережі референсних перманентних GPS/GNSS-станцій на території Київської і Чернігівської областей.

Розроблено програмний комплекс обробки GPS-спостережень для реалізації технології точного позиціонування "Віртуальна референсна станція" та проведені експериментальні випробування з використанням вимірювальної інформації мережі GPS/GNSS-станцій в м. Київ (ГАО НАНУ), м. Чернігів (ЧДІЕУ), м. Прилуки Чернігівської обл. та спостережень одночастотних та двочастотних приймачів споживачів. В зоні дії мережі базових станцій з міжбазовими відстанями 130–150 км досягається сантиметрова та субдециметрова (95 %) точність координатних визначень в режимі післясеансної обробки.







Також розроблено апаратно-програмний комплекс підсистеми передачі DGPS/RTK корегувальної інформації окремих референціальних станцій мережі в реальному часі з використанням технології NTRIP. При цьому забезпечується транспортування DGPS/RTK корегувальної інформації споживачам зі станцій та доступ користувачів до DGPS/RTK корегувальної інформації базових станцій через мережу Інтернет. При реалізації RTK-режиму роботи в реальному часі в доповнення до послуг післясеансної обробки спостережень споживачі системи можуть виконувати геодезичну RTK-зйомку (точність  $2 \div 5$  см) на базах 15–20 км відносно будь-якої з базових станцій системи.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Інформаційно-вимірвальна GNSS система та мережа VRS-технологія забезпечення геодезичних і кадастрових зйомок у Закарпатті та Чернігівщині* // Заключний звіт про виконання науково-технічного проекту. — ГАО НАНУ, грудень 2007 р. — 185 с., 4 додатки.
2. *Створення та розвиток технологій віртуальних референціальних GPS станцій* // Заключний науково-технічний звіт (тема № 229-В, 2006-2007 рр.). — ГАО НАНУ, листопад 2007 р. — 234 с., 11 додатків.
3. *Жалило А.А., Шелковенков Д.А. ОСТАВА: Многофункциональный программный инструментальный обработки и анализа GPS/GNSS наблюдений.* // Сборник материалов XIV Международной конференции по интегрированным навигационным системам, 28–30 мая 2007 г., С.-Петербург. — С. 319–321.
4. *Minimum Operational Performance Standards for Global Positioning System / Wide Area Augmentation System Airborne Equipment, RTCA/DO-229C, November 28, 2001.*
5. *Radio Technical Commission for Maritime Services, RTCM Recommended Standards for Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip), Version 1.0, RTCM Paper 200-2004/SC104-STD.*
6. *Weber G., Gebard H., Dettmering D. Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)* // "A

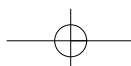
Window on the Future of Geodesy", Proceedings of the International Association of Geodesy. IAG General Assembly, Sapporo, Japan, June–July, 2003. Series: International Association of Geodesy Symposia, Vol. 128, Sanso, F. (Ed.), 2005.

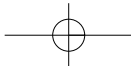
*Я.С. Яцкив, В.П. Харченко, В.М. Шокало,  
А.И. Терещук, А.А. Жалило, В.М. Кондратюк,  
А.М. Лукьянов, М.А. Литвин, Д.А. Шелковенков,  
А.В. Куценко, А.А. Желанов, Е.В. Грищенко,  
М.А. Газнюк, Е.В. Вишнякова*

#### ПРАКТИКА СОЗДАНИЯ В УКРАИНЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ GNSS-СИСТЕМЫ И СЕТЕВОЙ VRS-ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И КАДАСТРОВЫХ СЪЕМОК

Представлены результаты выполнения научно-технического пилотного проекта 2007 г. внедрения в Украине современных спутниковых технологий высокоточного координатного обеспечения геодезической съемки, поддержки государственного кадастра, землеустройства. Создан прототип информационно-измерительной спутниковой GPS/GNSS-системы, которая реализует принципы сетевой (зональной) дифференциальной VRS-коррекции погрешностей наблюдений и предоставления информационных услуг на всей территории обслуживаемого региона. Проведены экспериментальные испытания с использованием измерительной информации сети GPS/GNSS станций в г. Киев (ГАО НАНУ), г. Чернигов (ЧГИЭУ), г. Прилуки Черниговской обл. и тестовых наблюдений потребителей. Показано, что в зоне действия сети станций с межбазовыми расстояниями 130–150 км достигается сантиметровая/субдециметровая точность координатных определений (одно- и двухчастотные GPS-приемники) в режиме постобработки. При реализации DGPS/RTK позиционирования в реальном времени потребители могут выполнять геодезическую RTK-съемку (точность —  $2 \div 5$  см) в радиусе 20 км относительно ближайшей базовой станции.

*Ключевые слова:* GNSS, VRS, сеть, обработка, информация, точность, система.





*Ya.S. Yatskiv, V.P. Kharchenko, V.M. Shokalo,  
A.I. Tereshchuk, A.A. Zhalilo, V.M. Kondratyuk,  
A.M. Lukyanov, M.A. Litvin, D.A. Shelkovenkov,  
A.V. Kutsenko, A.A. Zhelanov, E.V. Grinchenko,  
M.A. Gaznyuk, E.V. Vishnyakova*

PRACTICE OF CREATION OF  
INFORMATIONAL-POSITIONING GNSS-SYSTEM  
AND NETWORK VRS-TECHNOLOGY  
FOR GEODETIC AND CADASTRAL  
SURVEYING ASSISTANCE IN UKRAINE

Results of scientific and technological pilot project carried out in 2007 for the implementation of modern satellite technologies of high precision positioning for geodetic and cadastre survey, support of the land management in Ukraine are presented. The prototype of information and measuring GPS/GNSS-system that realizes the network (area) differ-

ential VRS error corrections of satellite observations and grants the information services on all the territory of currently served region was made. Using the measurements of GPS/GNSS station network (Kiev, Chernigov, Priluki of the Chernigov region) and user's GPS observations experimental tests were carried out. It is shown that centimeter/sub-decimeter accuracy of positioning (using both single- and dual-frequency user GPS receivers) in a mode of post-processing is achieved in an operative range of the GPS/GNSS network with the baselines 130–150 km. DGPS/RTK mode of positioning could provide geodetic RTK surveying with accuracy of 2–5 cm in the radius of 20 km around the nearest GPS base station.

*Key words:* GNSS, VRS, network, processing, information, accuracy, system.

Надійшла до редакції 30.05.08.

