

УДК 528.4

## ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА АНАЛІЗ GNSS-СПОСТЕРЕЖЕНЬ НА ЧЕРНІГІВЩИНІ

О. Терещук, І. Нисторяк

Чернігівський державний інститут економіки і управління

**Ключові слова:** GNSS-спостереження, Державна геодезична мережа, базова станція, роверна станція.

### Вступ

Поряд з традиційними способами визначення координат точок земної поверхні все частіше використовуються і сучасні супутникові GNSS-технології. З метою дослідження точності визначення координат точок, а також виконання геодезичних та земельно-кадастрових робіт проведено GNSS-спостереження на пунктах Державної геодезичної мережі (ДГМ) [2] з використанням спостережень з трьох перманентних референційних GNSS-станцій, які об'єднані в мережу [4].

### Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

Останнім часом активні референційні GNSS-станції поширюються у країнах Східної та Центральної Європи. Проект створення мережі активних перманентних GPS-станцій північного регіону України розглянуто у роботі [4].

Як відомо, мережеві технології точних геодезичних визначень ґрунтуються на опрацюванні результатів спостережень мережі референційних GNSS-станцій і формуванні поправок для урахування іоносферних, ефемеридних, частотно-часових та тропосферних похибок. Така обробка результатів у разі сильної просторово-часової кореляції зазначених похибок для всіх станцій мережі дає змогу оцінити ці похибки окремо або у вигляді лінійних комбінацій разом з іншими параметрами, скажімо, координатами станцій. Результати оцінки точності інтерполюються на місцезрешташування роверних станцій користувачів мережі, що обмежена полігоном, утвореним референційними станціями. Це, своєю чергою, дає змогу забезпечити рівномірну точність спостережень на всій робочій площі користувачів.

Результати експериментальних випробувань з використанням виміральної інформації мережі GPS/GNSS станцій міст Києва, Чернігова, Прилук та тестових спостережень споживачів досліджено у [5].

Зазначені три базові станції утворюють майже правильний трикутник з базовими відстанями 130 км. Така конфігурація забезпечує оптимальні умови для інтерполяції систематичних похибок спостережень в зоні дії мережі відповідно до теорії реалізації технології VRS.

Аналізуючи огляд літератури, відзначимо актуальність проведення експериментальних досліджень, що стосуються підвищення точності координатного забезпечення з використанням перманентних GNSS-станцій та роверних двочастотних GNSS-приймачів.

### Виклад основного матеріалу

У цій статті наведено результати попередньої обробки та аналізу GNSS-спостережень, отриманих під час проведення експериментів у північному регіоні України (Чернігівська обл.) у жовтні 2011 року (288 GPS-доба, 1657 тиждень).

У період підготовки до експерименту виконано рекогностування (знаходження) пунктів ДГМ. Майже 80 % пунктів ДГМ Чернігівської області закладено у 1960–1980 рр. З того часу частина центрів знищена, втрачена або пошкоджена. З 55 обстежених пунктів регіону знайдено 24 пункти 1-го, 2-го та 3-го класів. Зазначимо, що зовнішні знаки пунктів ДГМ практично знищені, лише на одному пункті зберігся сигнал, висота якого 24 м.

Умовами експерименту передбачено використання пунктів ДГМ, розташованих на відкритій місцевості з кутом закритості горизонту, не більшим за 5°. З 24 наявних пунктів чотири пункти не відповідали умовам відкритості горизонту, а у двох були відсутні координати в каталогах. Вже під час проведення GNSS-кампанії до двох пунктів ДГМ було неможливо дістатися через несприятливі погодні умови. Тому GNSS-спостереження фактично виконувались на 16 роверних станціях, оброблено також спостереження з трьох референційних станцій, розташованих на території Чернігівської області.

Експериментальні GNSS-спостереження проводились згідно з розробленим графіком. Учасників розподілено на шість бригад, за кожною з яких закріплено по три пункти ДГМ (рис. 1).

Експериментальні GNSS-спостереження проводилися з використанням шести двочастотних GNSS-приймачів, що відповідали усім вимогам щодо забезпечення необхідної точності робіт (табл. 1).

Попередню обробку GNSS-спостережень виконано з використанням програмно-алгоритмічного комплексу "OCTAVA\_PPA" [1].

Комплекс OCTAVA призначений для виконання препроцесингу, аналізу первинних "сирих" спостережень, формування диференціальних мережевих WAD / MRS / VRS-поправок і точного визначення місцезрешташування у режимі постпроцесингу.

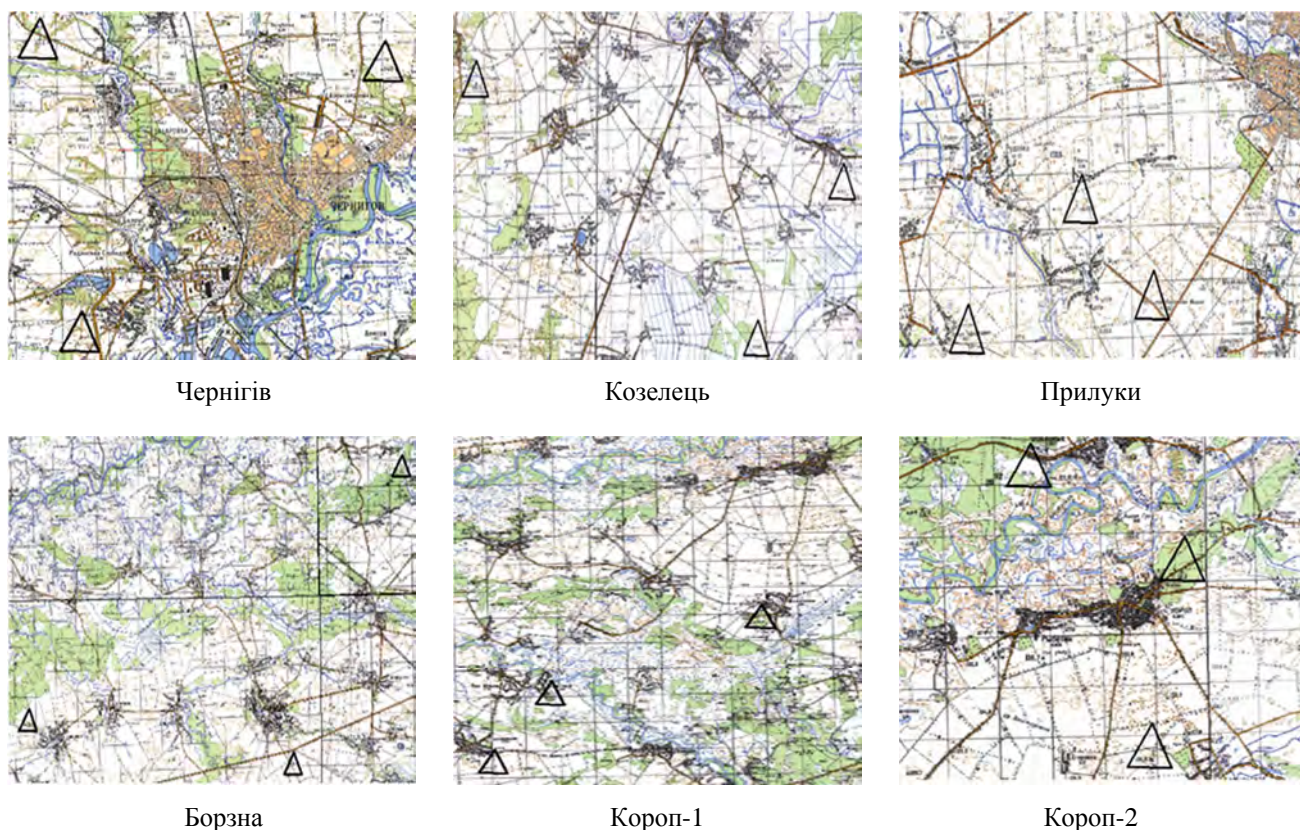


Рис. 1. Розташування пунктів ДГМ, на яких виконувались спостереження

Особливостями програмно-алгоритмічного комплексу (ПАК) комплексу препроцесингу OSTAВА\_PPA є максимальне усунення фазових циклічних стрибків спостережень на одній або двох частотах, виконання контролю якості (QC / QA) кодових і фазових спостережень і ефемеридної інформації, виділення та оцінка багатошляховості й ряд інших важливих операцій попередньої обробки. Пакет програм OSTAВА\_PPA включає обробку 1Гц-спостережень двочастотних GPS-станцій / приймачів, одночастотних спостережень 1 Гц GPS приймачів і L1/L2 спостережень 1/30 Гц перманентних IGS / EPN станцій.

Підвищення надійності та точності гарантується попередньою обробкою – з перетворенням “вихідний RINEX – “очищений” RINEX”. Далі застосовується звичайний або мультиреференційний (MRD) диференційний метод, за рахунок якого мінімізується вплив бортових ефемерид і годинника супутників.

Під час обробки використовувалися точні оцінки ефемерид супутників у форматі SP3, які надає міжнародний сервіс IGS. Кут маскування при обробці був заданий 10 градусів.

На базових станціях CNIV (“м. Чернігів”) та KORP (“м. Короп”) представлені добові спостереження, а на станції PRYL (“м. Прилуки”) – 18-годинні спостереження. Оброблено також спостереження із 16 роверних станцій.

В результаті попередньої обробки спостережень за допомогою ПАК OSTAВА\_PPA отримано графічні результати, а саме: результати першого координатного рішення для пункту, результати другого координатного рішення для пункту, діаграму радіовидимості супутників і типів прийнятих даних, графіки зміни DOP-факторів, багатошляховість на частоті L1 (L2) для пункту, рівень шуму кодових спостережень на частоті L1 (L2) для пункту, рівень шуму фазових спостережень на частоті L1 (L2) для пункту, багатошляховість (малюнок неба) – для роверних станцій.

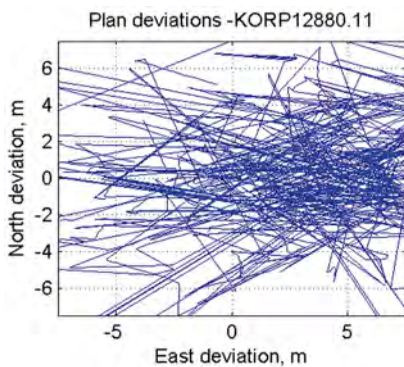
На рис. 2 для прикладу наведено графік відхилення оцінок планових координат від еталону протягом періоду спостережень, графік зміни GDOP упродовж періоду спостережень та графік зміни багатошляховості на частоті L2 протягом періоду спостережень на пункті “Короп”.

Аналіз результатів попередньої обробки спостережень свідчить про таке:

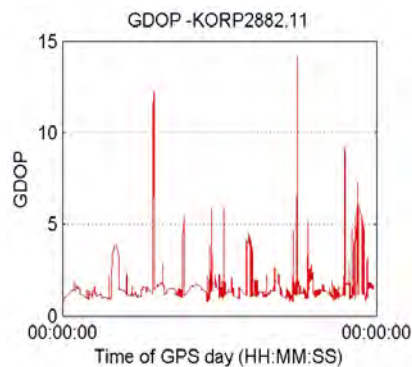
- У спостереженнях станції “м. Короп” є “повні діри” тривалістю 2 секунди щогодини.
- Файл станції “м. Короп” потребує додаткового дослідження (нині проводиться додатковий аналіз даних).
- Спостереження станцій “м. Чернігів” і “м. Прилуки” підготовлені до подальшої обробки.

**Інформація про роверні та базові станції,  
на яких виконувались GNSS-спостереження**

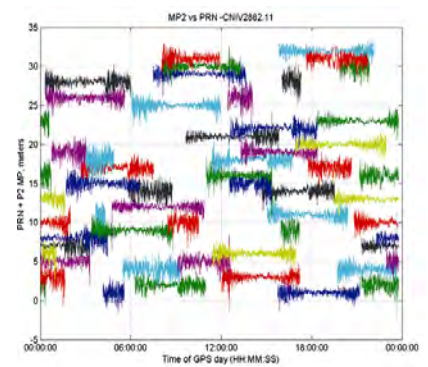
№	Пункти Державної геодезичної мережі * – активні референційні станції	Приймач	Антенa	Відстань від CNIV до пункту, км
1	Київка	LEICA GX1230GG	LEICA AX1202GG	13
2	Березівка	LEICA GX1230GG	LEICA AX1202GG	12,7
3	Яцево	LEICA GX1230GG	LEICA AX1202GG	4,2
4	Короп	LEICA GX1230GG	LEICA AX1203+GNSS	116,1
5	Карильське	LEICA GX1230GG	LEICA AX1203+GNSS	114,7
6	Жовтневе	LEICA GX1230GG	LEICA AX1202GG	110,7
7	Головеньки	LEICA GX1230GG	LEICA AX1202GG	96,7
8	Кербутовка	LEICA GX1230GG	LEICA AX1202GG	129,0
9	Петрівське	LEICA GX1230GG	LEICA AX1202GG	83
10	Даневка	LEICA GX1230GG	LEICA AX1202GG	75,1
11	Вовча гора	LEICA GX1230GG	LEICA AX1202GG	75,8
12	Пирожкова могила	LEICA GX1230GG	LEICA AX1203+GNSS	130,5
13	Кроти	LEICA GX1230GG	LEICA AX1203+GNSS	125,4
14	Долинське	LEICA GX1230GG	LEICA AX1202GG	91
15	Борзна	LEICA GX1230GG	LEICA AX1202GG	86,7
16	Комарівка	LEICA GX1230GG	LEICA AX1202GG	68,5
17	м. Чернігів*	NOVATEL OEMV3	NOV702GG	0
18	м. Короп*	TRIMBLE 4000SSI	TRM29659	114,4
19	м. Прилуки*	NOVATEL OEMV3	NOV702GG	128,2



а



б



в

Рис. 2. Графічні результати обробки:

а – графік відхилення оцінок планових координат від еталону впродовж періоду спостережень;

б – графік зміни GDOP протягом періоду спостережень;

в – графік зміни багатозлаховості на частоті L2 протягом періоду спостережень

- На пунктах “Долинське”, “Борзна”, “Короп”, “Карильське”, “Жовтневе” та “Кербутовка” в місцях встановлення антен спостерігається підвищений рівень багатощляховості (понад 2 м).

- На пунктах “Долинське” та “Борзна” підвищений рівень багатощляховості на кутах, нижчих за 30° (2–4 м).

- На пунктах “Короп”, “Жовтневе” та “Кербутовка” високий рівень багатощляховості у всіх напрямках надходження радіосигналів (5–6 м), а також велика кількість пропусків у спостереженнях.

З вищевказаних причин прийнято рішення відбракувати ці сеанси спостережень, оскільки надійне досягнення фазової неоднозначності неможливе за такої якості спостережень.

### Висновки

У результаті попереднього аналізу спостережень можна зробити такі висновки.

Спостереження з референцних станцій “м. Чернігів” і “м. Прилуки” приймаються для подальшої обробки. Вимірювання зі станції “м. Короп” потребують детальнішого аналізу, зважаючи на виявлення значної кількості фазових стрибків і пропусків спостережень.

Результати обробки спостережень роверних станцій показали, що якість спостережень трьох пунктів (“Короп”, “Жовтневе” та “Кербутовка”) з 16 не задовольняє ряд критеріїв. Ці сеанси спостережень вилучені з подальшої обробки. На думку авторів, це пов’язано з географічним розташуванням цих пунктів та наявністю перешкод безпосередньо поблизу пунктів спостережень.

Підсумуюмо: для подальшої обробки вибрано файли спостережень з референцних станцій “м. Чернігів” і “м. Прилуки” (вимірювання зі станції “м. Короп” проходять додатковий аналіз) і спостереження 13 роверних станцій з 16.

Подальша обробка передбачає визначення координат і оцінки точності роверних пунктів щодо станцій “м. Чернігів” і “м. Прилуки” та станції “м. Короп”, за умови досягнення задовільної якості її спостережень двочастотним методом. Також планується виконання одночастотного позиціонування і аналіз його якості для роверних пунктів з максимальним віддаленням від референцних станцій до 100 км (за умови використання вимірювань від трьох референцних станцій).

### Література

1. Жалило А.А. “ОСТАВА”: Отечественный программный инструмент реализации GPS/GNSS-технологий точного позиционирования / А.А. Жалило // VII Международная научно-техническая конференция “АВИА-2006” Национальный авиационный университет, Киев, Украина, 25–27 сентября 2006 г.
2. Перша GNSS-кампанія у Північному регіоні України / Я.С. Яцків, О.І. Терещук, І.О. Нисторьяк та ін. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів, 2012. – Вип. I(23). – С.38–40.
3. Савчук С. Використання технології віртуальних референцних станцій для координатного забезпечення геодезичних та кадастрових робіт / С. Савчук, Р. Гошовський // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів, 2010. – Вип. 2 (20) – 246 с. – С. 102–107.
4. Терещук О.І. Проект мережі активних перманентних GPS-станцій Північного регіону України / О. Терещук, С. Савчук // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Чернігів – 2007. – Вип. 3. – С. 16–23.
5. Яцків Я.С. Інформаційно-вимірювальна GNSS-система та мережна VRS-технологія забезпечення геодезичних і кадастрових зйомок / Я.С. Яцків, В.П. Харченко, О.І. Терещук та ін. // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Чернігів. – 2008. – Вип. 4. – С.5–24.

### Попередні результати та аналіз GNSS-спостережень на Чернігівщині

О. Терещук, І. Нисторьяк

Висвітлено результати попередньої обробки GNSS-спостережень на Чернігівщині, отримані під час проведення першої GNSS-кампанії у північному регіоні України.

### Предварительные результаты и анализ GNSS-наблюдений на Черниговщине

А. Терещук, И. Нисторьяк

Отображены результаты предварительной обработки GNSS-наблюдений на Черниговщине, полученные во время проведения первой GNSS-кампании в северном регионе Украины.

### The preliminary results and analysis of GNSS-observations in Chernihiv region

O. Tereshchuk, I. Nystoriak

In the article the results of preprocessing GNSS-observations in Chernihiv, obtained as part of the first GNSS-campaign in the North region of Ukraine.