

И

аї

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ  
ЕКОНОМІКИ І УПРАВЛІННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАТИКИ І УПРАВЛІННЯ  
ТЕРИТОРІЯМИ

**НОВІТНІ ДОСЯГНЕННЯ  
ГЕОДЕЗІЇ, ГЕОІНФОРМАТИКИ  
ТА ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ -  
ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД**

*Збірник наукових праць*

**Випуск 2**

Відповідальний редактор - кандидат технічних наук, доцент  
О.І. Терещук

Присвячується Дню Науки

Чернігів  
2006

ологі

www.lat.k

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ GPS-СПОСТЕРЕЖЕНЬ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

За останні півтора десяти років став доступним для використання значний потенціал Глобальної системи визначення місцезоположення (GPS), призначеної для навігації та визначення координат різних об'єктів, для наукових та прикладних досліджень. Головним фактором бурливого розвитку GPS є її всепогодність, оперативність, висока точність та відносно невелика вартість.

Якщо на глобальному рівні такі методи космічної геодезії, як радіоінтерферометрія з наддовгими базами, лазерна локація ШСЗ можуть конкурувати з GPS, то використання GPS на регіональному рівні та на локальних геодинамічних полігонах є поза конкуренцією через її простоту експлуатації та мобільність груп спостерігачів.

При обробці методів високоточних супутникових вимірювань виникає необхідність ретельних досліджень впливу всіх можливих джерел похибок, особливостей їх та обґрунтування методів їх виключення. Джерела помилок GPS-спостережень можна поділити на три основні групи:

- 1 - ті, що використовуються в вихідних даних;
- 2 - похибки, пов'язані з впливом зовнішнього середовища;
- 3 - похибки, які обумовлені недосконалістю роботи апаратури та методів обробки результатів вимірювань.

Із класичних робіт [1, 2, 3, 4] відомо, що атмосфера вносить свої корективи на рух електромагнітної хвилі.

При розгляді розповсюдження радіохвиль атмосферу розділяють на декілька шарів: тропосферу, стратосферу і іоносферу. Переважаючий вплив на результати спостережень мають перший і третій шари. **Іоносфера** – найбільш віддалений від земної поверхні шар атмосфери і тому піддається сильній дії космічного випромінювання, і перш за все ультрафіолетовій радіації сонця. Проходження радіосигналів від супутника на приймач через іоносферу має суттєвий вплив на результати GPS-спостережень. Цей вплив може викликати зміну у вимірюваній значенні віддалі між супутником і приймачем при підвищенні активності Сонця навіть до 50-60 м.

Вже існує теорія, яка дозволяє розрахувати усереднені значення основних для GPS-спостережень параметрів іоносфери (відносну і абсолютну концентрацію іонів, зміну з висотою ефективного коефіцієнту рефракції на протязі циклу сонячної активності.) Один із цих параметрів, а саме загальна кількість сонячної активності, вимірюється за допомогою комбінації на протязі циклу сонячної активності. Один із цих параметрів (TEC), має істотний вплив на вимірювання GPS-приймачами і зале-

жить практично тільки від сонячної активності [1]. Для наближеного врахування впливу іоносфери використовують різні моделі іоносферної рефракції [11]. Ці моделі дають тільки задовільну характеристику її параметрів. Популярною є модель Клобушара [12]. Будова іоносфери і параметри, які в ній протікають, є дуже складними, і тому важко створити модель, яка дозволить б врахувати вплив іоносфери на швидкість розповсюдження сигналів супутників із задовільною точністю.

**Тропосфера** – відрізняється особливо тим, що є нейтральним середовищем, тому для частот радіодіапазону менше, ніж 15 ГГц, таке середовище може бути розглянуто як середовище що не піддається дисперсії, внаслідок чого швидкість розповсюдження радіохвиль в ній не залежить від частоти. При цьому фазова і групова швидкості виявляються однаковими. Щодо тропосфери, то над врахуванням впливу її на результати GPS-спостережень є цікаві роботи І. Мотруничча, І. Шваларгін, М. Миронова Ф. Заблоцького, Я. Костецької і інших [8, 9, 10]. На даний час зроблені аналітичні моделі, які враховують вплив тропосферної затримки [9, 10]. При розробці такої моделі розділені заломлюючі властивості тропосфери на «суху» та «вологу» складові. «Суха» компонентивість тропосфери на 90% від певної тропосферної затримки, а «волога» всього обумовлює 10% від певної тропосферної затримки, а «волога» складає 2,3 м, але по мірі приближення супутника до горизонту істотно зростає і на висоті біля 10<sup>3</sup> над горизонтом досягає 20 м.

Вплив тропосфери на результати спостережень послаблюється за рахунок застосування диференціальних методів спостереження, при яких на кінцеві результати вимірювань впливають не абсолютні значення тропосферних затримок, а їх різниці. В тих випадках коли треба реалізувати максимальну точність супутникових вимірювань, рекомендується застосування спеціальних приладів, так звані радіометри водянних парів, які дозволяють визначити з необхідною точністю інтегральне значення вологості на шляху проходження радіосигналів від супутника до приймача.

В даний час одним із актуальних завдань є дослідження фізичного стану атмосфери, тобто її локальних особливостей у пунктах спостережень.

З цією метою, на основі даних аерологічного зондування атмосфери за 1999-2004 роки в 5-ти пунктах України (Київ, Львів, Ужгород, Харків, Сімферополь) ми провели дослідження фізичного стану тропосфери. Знайдено локальні коефіцієнти для залежностей зміни температури, тиску та парціального тиску, а отже й індексу рефракції з висотою в атмосфері в досліджуваних пунктах регіону України. На основі даних досліджень можна спробувати запропонувати свою модель зміни вищевказаних параметрів для знаходження впливу атмосфери на віддалені спостереження ШСЗ у пунктах Київ, Львів, Ужгород, Харків, Сімферополь.

Наступним нашим кроком є дослідження впливу іоносфери на вимірювання GPS-приймачами у цих же досліджуваних пунктах протягом однакового часового періоду. Тобто, розв'язавши обернену задачу



Чернігівський державний інститут економіки і управління

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ВРАХУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ РЕФРАКЦІЇ

### Постановка проблеми

На сьогодні визначення перевищень з високою точністю залишається прерогативою прецизійного нівелювання. Однак обмеження точності спричинене впливом різноманітних помилок, зокрема систематичного характеру. До таких належить і вертикальна рефракція.

### Зв'язок із науковими і практичними завданнями

Розробка прилада, за допомогою якого можна враховувати або вилучати аномальну складову вертикальної рефракції, надзвичайно ефективно вплинула б на підвищення точності та продуктивності польових робіт, дала б можливість розширити період спостережень впродовж дня.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення цієї проблеми.

В роботах [1, 2] нами розглядається можливість вилучення впливу аномальної рефракції із результатів висоточного нівелювання. Для цього пропонується застосовувати під час спостережень теплову насадку на зорову трубу нівеліра. Нами розроблена конструкція та виготовлений дослідний взірць такої насадки (фото 1). В цій роботі ми пропонуємо дослідження, започатковані в [1, 2].

### Нерозв'язані частини загальної проблеми

В дослідженнях, проведених нами раніше, зауважено, що застосування нагрівання теплової насадки видимі в полі зору нівеліра коливання зображень штрихів рейки в періоді нестійкої температурної стратифікації призулиняються, а то і зовсім щезають. Тому, метою досліджень було в'ясувати не стільки природу цього явища, хоча і її теж, скільки експериментально дослідити закономірності зміни відліків рейки і, відповідно, перевищень на станції при спостереженнях класичним способом в періоді спокійних зображень та із застосуванням теплової насадки в періоді нестійкої температурної стратифікації.

### Постановка завдання

Дослідження виконували в серпні місяці 2005 року на спеціально обладнаній спостережній станції. При спостереженнях застосовували висоточний нівелір Н-05, комплект інварних рейок та теплову насадку на об'єктив нівеліра з реостатом для зміни температури всередині її.

### Виклад основного матеріалу

Спостережна станція вибрана нами на території інституту. Схематичне її зображення подано на рис.1. Таке розміщення станції було викликано необхідністю використання для теплової насадки живлення 220 вольт. Станція розташовувалась під кроною дерев, що слугувало

(знаючи координати досліджуваних станцій, побудувати модель іоносфери над територією, що покривається цими станціями).

Це дасть нам можливість в комплексі створити свою, так звану, регіональну модель впливу атмосфери на точність розв'язків різноманітних задач як наукових так і цивільних.

### Література:

1. Антонова Л.А., Иванов-Холодный Г.С. Солнечная активность и ионосфера (на высотах 100-200 км). - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. - 168 с.
2. Гофманн-Велленгоф Б., Лихтенеггер Г., Коллинз Д. Глобальная система визначения местоположения (GPS): теория и практика. - К.: Наукова думка, 1996. - 376 с.
3. Иванов-Холодный Г.С., Никольский Г.М. Солнце и ионосфера. - М.: Наука, 1969. - 456 с.
4. Рашбет Г., Гарриот О.К. Введение в физику ионосферы / Пер. с англ.; под ред. Г.С. Иванова-Холодного. - Л.: Гидрометеоздат, 1975. - 304 с.
5. Физика верхней атмосферы. / Под ред. Дж.А. Ратклифа. - М.: 1963.
6. Харрис Дж. К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. - Л.: Гидрометеоздат, 1982. - 351 с.
7. Хопа О.А. Космична наука і технологія. - 1999. - Т. 5 № 5/6. - С. 25-32.
8. Заблочий Ф. Модель атмосфери для визначення тропосферної затримки в полярних регіонах // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: 36. Наук. Праць. - Львів: Видавництво „Літа-прес“, 2001. - С. 37-42.
9. Заблочий Ф.Д. До визначення зенітної тропосферної затримки у GPS-вимірах // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Львів, 2000. - Вип. 60. - С. 33-38.
10. Костецька Я., Торолла Т. Точність аналітичних спостережень моделей для визначення геодезії, картографії і аерофотознімання. - Львів, 2003. - Вип. 64. - С. 27-33.
11. Хопа О.А. Програмное обеспечение "Сіо" для определения параметров ионосферы. Космична наука і технологія 1999. Т. 5/6. - С. 25-32.
12. Klobuchar J.A., Kulshres J.M., VanDierendonck A.J. Eye on the ionosphere: Potential Solar Radio Burst Effects on GPS Signal to Noise. GPS Solution. Vol. 3, No 2, 199, P. 60-71.