

45  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

# ГЕОДЕЗІЯ, КАРТОГРАФІЯ І АЕРОФОТОЗНІМАННЯ

УКРАЇНСЬКИЙ МІЖВІДОМЧИЙ  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК

*Видається з 1964р.*

Випуск 68

*Відповідальний редактор – проф., д-р. техн. наук К.Р. Третьак*

*Присвячується 6-й Міжнародній науково-технічній конференції  
“Кадастр, фотограмметрія, геоінформатика – сучасні технології та  
перспективи розвитку”.*

Львів  
Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”  
2007

<i>Кузьо І., Шевченко Т., Мороз О., Д.Кубрак О.</i> Контроль положення опорних роликів обертової печі електронними тахеометрами .....	96
<i>Савчук С., Каблак Н., Калинич І., Проданець І.,</i> До питань точності GPS – спостережень .....	105
<i>Третяк Н.</i> Моделювання поля аномалій сили ваги, висот геоїда та складових відхилень прямовисної лінії на регіон Антарктики .....	109
<i>Марченко О., Ярема Н.</i> Побудова системи основних механічних параметрів Землі .....	114
<i>Двуліт П., Заяць О., Голубінка Ю.</i> Обчислення характеристик гравітаційного поля Землі за даними гравіметричних і GPS – вимірів .....	124
<i>Цюпак І., Савчук С., Бойчук Я.</i> Про точність двовимірного перетворення координат пунктів .....	132
<i>Ткаченко Ю., Іващенко М.</i> Надійність геодезичних вимірів і обґрунтування допусків .....	143

### Фотограмметрія та дистанційне зондування, моніторинг навколишнього середовища

<i>Paszotta Z., Szumiło M.</i> Wykorzystanie Internetu mobilnego w fotogrametrii internetowej .....	151
<i>Wysocki J.</i> Wplyw spadkow terenu oraz dokladnosci okreslenia wysokosci punktow NMT na dokladnosc cyfrowego modelu powierzchni terenu .....	156
<i>Буритинська Х., Береза О., Поліщук Б.</i> До питання визначення функції передавання модуляції аерознімальних систем .....	163
<i>Дорожинський О., Почкін С.</i> Критерії оцінки аерокосмічних зображень для кадастрових робіт .....	172
✓ <i>Глотов В., Дубик Ю., Чижевський В.</i> Аналіз технології створення фронтальних та інтер'єрних планів при проектуванні реставраційних робіт архітектурних пам'яток .....	177
<i>Vorowiecki I.</i> Atestacja aplikacji TerraSolid w procesie przetwarzania „chmury punktów” lotniczego skaningu laserowego (zastosowania i wizualizacje NMT) .....	184
<i>Mitka B.</i> Application of laser scanner for collection of data on various size objects .....	193
<i>Бабій Л., Грицькіє Н.</i> Космічні методи ДЗЗ у вирішенні задач лісового господарства .....	200
<i>Paszotta Z., Szumiło M.</i> Dokładność Numerycznego Modelu Terenu pozyskanego metodami fotogrametrycznymi.....	205
<i>Pijanowski J., Hernik J.</i> Cultural landscape protection and development .....	212
<i>Кузик З.</i> Основні принципи утворення та моделювання об'єктів у наземному лазерному скануванні .....	217
<i>Vorowiecki I.</i> Analiza dokładnościowa lotniczego skaningu laserowego na obiekcie Wzgórze Wawelskie .....	221
✓ <i>Глотов В.М., Кульчицький А.Я., Третяк К.Р.</i> Моніторинг проявів карстових явищ у бетонній конструкції греблі водосховища Теремля – Рікської ГЕС .....	229
<i>Kwoczyńska B.</i> Application of AeroSys software to calibration of digital camera Canon EOS 300D .....	235
<i>Станкевич С.А.</i> Методологія статистичного просторово–частотного оброблення гіперспектральних аерокосмічних зображень .....	240

УДК 528.24

С. Савчук<sup>1)</sup>, Н. Каблак<sup>2)</sup>, І. Калинич<sup>3)</sup>, І. Проданець<sup>4)</sup><sup>1)</sup>Національний університет «Львівська політехніка»<sup>2)</sup>Ужгородський національний університет<sup>3)</sup>Закарпатське обласне головне управління земельних ресурсів<sup>4)</sup>Державне підприємство «Закарпатгеодезцентр»

## ДО ПИТАННЯ ТОЧНОСТІ GPS – СПОСТЕРЕЖЕНЬ

© Савчук С., Каблак Н., Калинич І., Проданець І., 2007

*Приведено результати експериментальної перевірки точності одночастотних GPS-приймачів на контрольних пунктах реальної геодезичної мережі в регіоні Закарпаття.*

*Results of experimental check of accuracy one of frequency GPS-receivers on control points of a real geodetic network in region Zakarpattia are resulted.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. За останні півтора десятиліття став доступним для використання значний потенціал Глобальної системи визначення місцеположення (GPS), призначеної для навігації та визначення координат різних об'єктів, для наукових та прикладних досліджень. Головними факторами бурхливого розвитку GPS є її всепогодність, оперативність, висока точність, малі габарити приймальної апаратури, простота експлуатації і відносно невелика вартість. До цього слід додати, що конфігурація орбіт GPS-супутників дозволяє практично з будь-якої точки земної поверхні приймати сигнали щонайменше від чотирьох супутників, а як показує практика спостережень їх число коливається від п'яти до десяти. Висока точність забезпечується принципом вимірювань, який базується на визначенні псевдовідстаней "GPS-супутник — GPS-приймач" за різницями фаз сигналів, прийнятих від супутників, та сигналу, що генерується приймачем.

Вищенаведене визначає актуальність і перспективність використання GPS для рішення широкого спектру наукових задач, пов'язаних з вивченням Землі:

- побудова та підтримка земної системи відліку, яка задається координатами та швидкостями рухів пунктів спостережень,
- вивчення нерівномірності обертання та руху полюсів Землі,
- дослідження деформацій земної поверхні,
- дослідження земної атмосфери та іоносфери.

Якщо на глобальному рівні такі методи космічної геодезії, як радіоінтерферометрія з наддовгими базами (VLBI), лазерна локація штучних супутників Землі (SLR) та лазерная локація Місяця (LLR), можуть конкурувати з GPS-технологією, то її використання на регіональному рівні та на локальних геодезичних мережах є поза конкуренцією через її простоту експлуатації, дешевизну та мобільність груп спостерігачів [1,2,8].

Отже, поява нових геодезичних технологій, зокрема широке впровадження у виробництво одночастотних супутникових радіонавігаційних приймачів нового покоління, вимагає розробки нових способів оптимального проектування геодезичних мереж та удосконалення методів вимірювань.

Зв'язок із важливими науковими й практичними завданнями. За останні роки в Україні проведено значний обсяг GPS-спостережень на пунктах Державної геодезичної мережі (ДГМ) з метою перевизначення їх положень у новій референційній системі координат. Такі спостереження проводяться виключно двочастотними GPS-приймачами за спеціальними методиками. Всього таких спостережень проведено більше ніж на 800-стах пунктах із 20000

пунктів ДГМ. Зрозуміло, що обсяг робіт із згущення мережі ще є величезний і потребує чималих організаційно-фінансових зусиль.

Альтернативним шляхом згущення геодезичної мережі є використання мережі перманентних GPS-станцій, що є складовими Європейської перманентної мережі (EPN). Але і в цьому випадку, зважаючи на їх незначну кількість на території України (всього дванадцять), це не вирішує зазначеної проблеми. Лише запровадження національної програми активних перманентних станцій, тобто таких станцій, які у режимі реального часу зможуть передавати диференційні поправки на GPS-приймач будь-якого користувача у будь-яке потрібне йому місце, повинно вирішити проблему координатного забезпечення [4,6]. Важливе місце у цьому процесі будуть відігравати одночастотні GPS-приймачі, зважаючи на їх доступність.

**Аналіз виконаних досліджень і публікацій.** Побудова GPS-мереж вимагає врахування специфіки GPS-технологій. До них слід віднести: залежність точності визначення компонент векторів від їх довжини та тривалості GPS-вимірювань.

Посібники практичного застосування GPS-технологій, мають суттєві розбіжності щодо рекомендацій із тривалості спостережень на векторах із довжинами у межах 10-50 км [2]. Крім цього ці рекомендації не завжди чітко визначені і достовірні. У технічних паспортах GPS-приймачів для векторів довжиною до 10-20 км, зазвичай, наводяться регресійні залежності точності виміру векторів від їхньої довжини. Однак вони не враховують тривалості спостережень. Наразі для мереж із векторами 10-50 км та більше можна тільки наближено розрахувати точність визначення їх компонент [7].

**Постановка завдання.** З метою розробки методики оптимального проектування вимірів у GPS- мережах виконано експериментальні дослідження точності визначення координат пунктів залежно від їх довжини та тривалості вимірів одночастотними GPS- приймачами.

**Виклад основного матеріалу.** Проблема розрахунку тривалості GPS- вимірів на базах різної довжини із заданою точністю визначення компонент векторів є актуальною для використання в польових роботах геодезистами-практиками.

Дослідження впливу тривалості GPS - вимірів на точність визначення координат пунктів проводились на експериментальній мережі, розташованій у Закарпатській області.

Мережа включає перманентну GPS-станцію UZHL (м. Ужгород), пункти, де працювали двочастотні приймачі BAZA (м. Мукачево), UZHD (с. Деренівка, Ужгородський район) та пункти, де працювали одночастотні приймачі NLIP (с.Неліпіно, Свалявський район), RUMO (с.Руський Мочар, Великоберезнянський район), MBER (с. Малий Березний), OLYV (с.Оріховці, Ужгородський район) (див.рис.). Зазначимо, що станція UZHL (Ужгород) входить до складу мережі EPN, щотижневі координати якої регулярно визначаються Центрами аналізу цієї мережі, а пункт UZHD (Деренівка) входить ще з 1994 р. у мережу CEGRN (Центральноєвропейська геодинамічна референсна мережа), яка складається з 50-ти пунктів на території дванадцяти країн Центральної та Східної Європи і координати яких теж регулярно визначаються із п'яти добових GPS-спостережень, що проводяться з періодом у два роки.

Пункт RUMO (Руський Мочар) та MBER (Малий Березний) входить у число тих 800-т пунктів ДГМ, що визначалися із GPS-спостережень 2004 р. і координати якого визначені у Науково-дослідному інституті геодезії і картографії (м.Київ) [5]. Інші два пункти, а саме NLIP (Неліпіно) та OLYV (Оріховці), визначені двочастотними GPS-приймачами TRIMBLE 5700 із добових спостережень відносно перманентних станцій UZHL (Ужгород) та NYIR (Нередгаза, Угорщина) під час GPS-кампанії 2004 р.[3]. Аналогічним чином визначені координати пункта BAZA (Мукачево) тільки вже двочастотним GPS-приймачем Z-Max фірми Magellan під час GPS-кампанії 2007 р.

Точність визначення координат зазначених пунктів, які у подальшому будемо називати контрольними, склала біля 1 см..



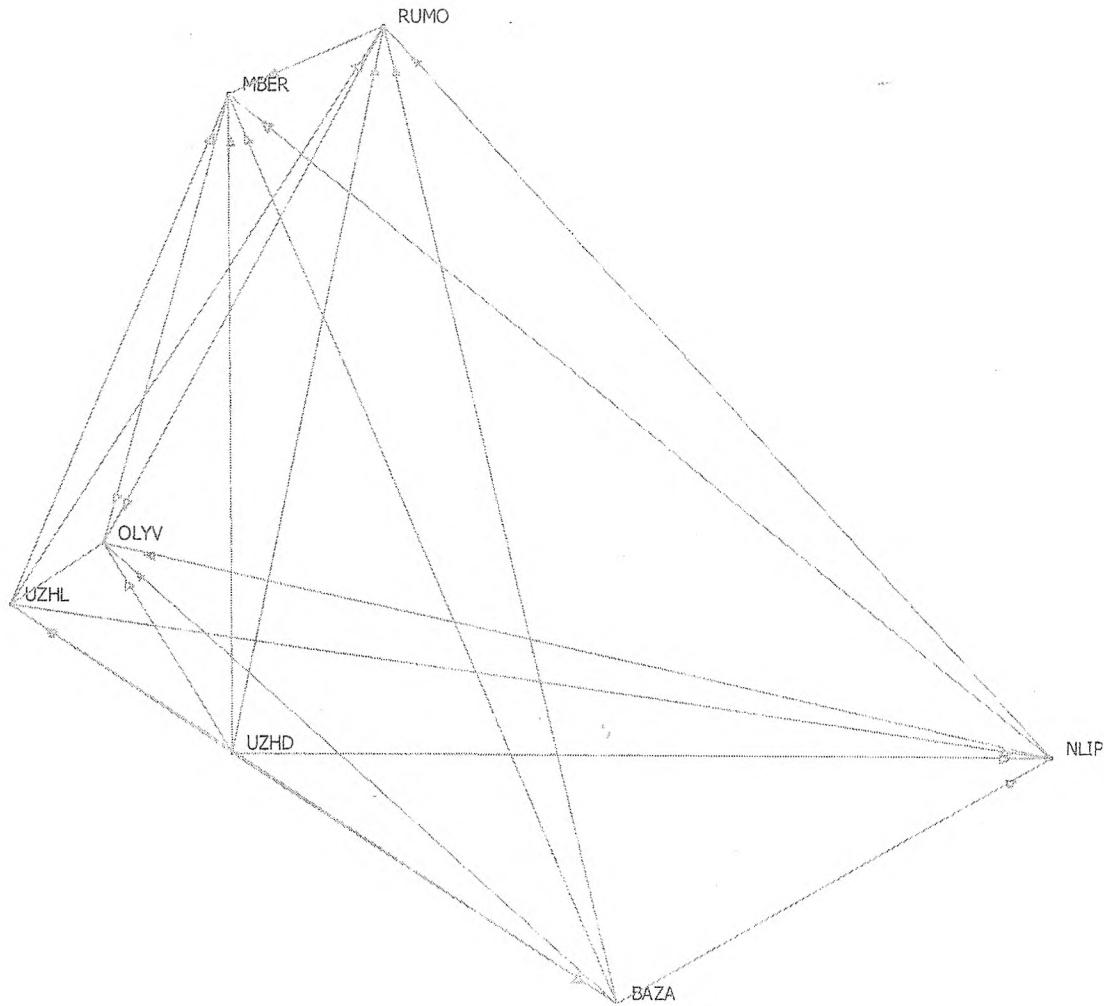


Рис. Схема розташування пунктів експериментальної мережі.

Таблиця

Різниця у координат пунктів

Назва пункту	$m_x, \text{ см}$	$m_y, \text{ см}$	$m_H, \text{ см}$
RUMO, 15 хв.	5	-1	0
RUMO, 45 хв.	7	-2	0
RUMO, 120 хв.	5	-2	7
MBER, 15, хв.	1	0	2
MBER, 45 хв.	1	0	4
MBER, 120 хв.	0	0	5
OLYV, 15 хв.	-6	13	39
OLYV, 45 хв.	1	-1	2
OLYV, 120 хв.	-6	-9	9

GPS-спостереження на експериментальній мережі (див. рис.) були виконані у рамках кампанії SEGRN'2007, що проводилася у період 18-24 червня 2007 р. Тривалість спостережень на

пунктах MBER, RUMO та OLYV, де були встановлені одно частотні приймачі, становила 15 хв., 45 хв., 120 хв.

Обробка спостережень виконана за допомогою програмного забезпечення Trimble Geomatics Office. В результаті були отримані координати пунктів з точністю 1,0–7,0 см. Координати досліджуваних станцій обчислені з GPS-рішення були порівняні з координатами даних станцій отриманих з рішень GPS-спостережень двочастотними приймачами в....(таблиця, Контрольні пункти). Розбіжності координат для пункту OLYV (с.Оріховці) можуть бути пояснені невдалим розташування пункту спостереження.

Отже помилки визначення координат пунктів склали 1-5 см при 15 хвилинних спостереженнях, 0-7 см при тривалості спостережень 45 хвилин і 2-5 см при 2-х годинних спостереженнях для приймачів типу ProMark-2”.

Збільшення часу спостережень для вимірів одно частотними GPS - приймачами призводить до зростання кількості надлишкових вимірів, що зміцнює жорсткість мережі, але не завжди при цьому підвищується точність визначення координат пунктів.

Як показують експериментальні дослідження, у GPS-мережах із значною кількістю надлишкових вимірів частина вимірів може бути спотворена похибками, значення яких перевищують загальний фон похибок. Поява цих похибок може мати місце навіть при умові 100 - відсоткового розв'язку неоднозначностей усіх векторів. Найчастіше ці похибки можуть з'являтися на пунктах із незадовільними умовами видимості супутників. Очевидно у результаті зрівноваження мережі поправки у ці виміри будуть максимальними і вони будуть збільшувати похибку одиниці ваги. Відповідно частина вимірів, яка максимально спотворена похибками, може негативно впливати на точність визначення координат пунктів.

Для таких мереж є актуальним розв'язок проблеми апостеріорної оптимізації вимірів. Він полягає в ідентифікації вимірів, спотворених похибками, які перевищують загальний фон похибок усіх вимірів. Необхідність розв'язку цієї проблеми також виникає при опрацюванні GPS – спостережень у режимі реального часу.

**Висновки.** В цілому, одержані результати експериментальної оцінки характеристик точності і надійності визначення місцеположення одночастотними приймачами, не дивлячись на відносно короткий період проведення досліджень, підтверджують очікувану точність визначення координат пунктів. Але для кінцевих висновків необхідно провести додаткову серію вимірювань.

1. Горб А.И., Криволапов О.А. Опыт использования GPS-технологий в землеустройстве // Космічна наука і технологія. – 2001. – №4. – С.70–76. 2. Гоффман-Велленгоф Б., Ліхтенеггер Г., Коллінз Д. Глобальна система визначення місцезнаходження (GPS): Теорія і практика / Пер. з англ. – К.: Наукова думка, 1996. – 392 с. 3. Калинич І.В., Віват А.Й., Марущенко О.М. Про проведення та опрацювання GPS-спостережень на Закарпатті // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2004. – Вип.65. – С. 28-33. 4. Калинич І.В., Савчук С.Г., Третяк К.Р. Проект оптимальної мережі активних перманентних супутникових радіонавігаційних станцій на територію Закарпаття // Зб. матер. наук.-практ. конф. “Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та лісовпорядкуванні”. – Ужгород, 2007. – С. 27. 5. Кучер О., Лепетюк Б., Стопхай Ю., Засець І., Савчук С. Супутникові радіонавігаційні спостереження при реалізації геодезичної референційної системи координат України – УСК2000 // Зб. наук. пр. “Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва”. – Львів: Вид-во НУ”Львівська політехніка”. – 2005. – С.26-32. 6. Савчук С., Калинич І., Третяк К. Супутникова система спостережень – елемент ефективного управління земельними ресурсами // Землевпорядний вісник. – Київ, 2007. – №1. – С.37-43. 7. Третяк К.Р., Шушкова Т.М. До питання тривалості GPS-вимірів при побудові державних мереж 1-го та 2-го класів // Геодезія картографія і аерофотознімання. – 2001. – № 61. – С. 124-132. 8. Черемшинський М.Д. GPS-технології в геодезичній практиці: досвід та перспективи розвитку // Космічна наука і технологія. – 2001. – № 4. – С.5– 11.