

ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ  
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL  
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE



***В І С Н И К***

***ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ***

***ВИПУСК 2***

***BULLETIN OF ENGINEERING  
ACADEMY OF UKRAINE***

***Issue 2***

Київ 2010 Kyiv

**ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ  
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ**

**THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL  
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE**

**Журнал друкує статті науковців вузів та установ України, інших країн відповідно до рубрик:**

Авіаційна й космічна техніка  
Військово-технічні проблеми  
Геологія, видобування та переробка корисних копалин  
Інженерні проблеми агропромислового комплексу  
Інформаційні системи, обчислювальна й електронна техніка, системи зв'язку та приладобудування  
Комунікації (транспортні системи та ін.)  
Матеріалознавство  
Машинобудування  
Медична інженерія  
Металургія  
Нафтогазові технології  
Охорона навколишнього середовища (інженерна екологія) і ресурсозбереження  
Стандартизація, метрологія і сертифікація  
Будівництво і будіндустрія  
Технологія легкої промисловості  
Технологія харчової промисловості  
Хімічні технології й інженерна біотехнологія  
Економіка, право та керування в інженерній діяльності  
Енергетика

Матеріали друкуються українською або російською мовою.

Номер затверджено на засіданні Вченої ради Кіровоградського національного технічного університету

Протокол № 8 від 26.04.2010р  
Вісник Інженерної академії України включений у новий Перелік наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук в галузі технічних наук (Постанова президії ВАК України від 14.04.2010 р. № 1-05/3)

Співзасновники:  
Кіровоградський національний технічний університет  
Інженерна академія України  
Університет внутрішніх справ

**Journal submits articles of researchers of universities and institutions of Ukraine and other countries in accordance with headings:**

Aviation and Space Engineering  
Military and Engineering Problems  
Geology, Mining and Processing of Minerals  
Engineering Problems of Agroindustrial Complex  
Information Systems, Computer and Electronic Engineering, Communication Systems and Instrument Engineering  
Communications (Transport Networks and others)  
Material Science  
Mechanical Engineering  
Medical Engineering  
Metallurgy  
Oil-and-Gas Technologies  
Preservation of Environment (Ecological Engineering) and Resource Saving  
Standardisation, Metrology and Certification  
Building and Construction Engineering  
Technology of Light Industry  
Technology of Food Industry  
Chemical Technologies and Engineering Biotechnology  
Economics, Law and Management in Engineering  
Power Engineering

Materials are submitted in Ukrainian or Russian languages.

The issue is approved at the meeting of Academic Council of Kirovograd National Technical University

Protocol No. 8 dated 26.04.2010  
Bulletin of Engineering academy of Ukraine is included into the new List of Scientific special editions of Ukraine, in which results of dissertation works may be published for to be conferred with academic degrees of doctor and candidate of sciences in the field of engineering sciences (Decree of presidium of the Ukraine HCC No. 1-05/3 dated 14.04.2010)

Cofounders:  
Kirovograd National Technical University

Engineering Academy of Ukraine  
University of Internal Affairs

ISBN 5-7763-8361-7

### Редакційна колегія:

Головний редактор – д.т.н., проф. **В.П. Квасніков**  
Відповідальний секретар – к.т.н. **В.І. Савченко**,  
Редактори – **К.С. Бабіч, А.В. Дзубаненко**

### Члени редколегії:

**А.І. Бабушкін** - д.т.н., проф. (авіаційна і космічна техніка),  
**Л.Р. Вишняков** – д.т.н. (матеріалознавство)  
**Р.Б. Гевко** - д.т.н., проф. (машинобудування),  
**М.М. Гіроль** - д.т.н., проф. (комунікації, транспортні системи та ін.),  
**А.М. Золотарьов** - д.е.н., проф. (економіка, право і управління в інженерній справі),  
**Л.В. Коломієць** – д.т.н., проф. (стандартизація, метрологія і сертифікація),  
**В.І. Литвиненко** - д.х.н. (хімічні технології та інженерна біотехнологія),  
**А.П. Мельник** - д.т.н., проф. (нафтогазові тех..і),  
**В.М. Мельник** - д.т.н., проф. (геологія, добування та переробка корисних копалин),  
**Й.С. Мисак** - д.т.н., проф. (енергетика),  
**О.О. Панасенко** - д.т.н., проф. (інформаційні системи, обчислювальна й електронна техніка, системи зв'язку та приладобудування),  
**О.К. Тришин** - академік УААН, д.с/г.н., проф. (інженерні проблеми АПК),  
**В.М. Сало** – д.т.н., проф. (інженерні проблеми АПК)  
**В.В. Соловей** - д.т.н., проф. (охорона навколишнього середовища і ресурсозбереження),  
**В.І. Ступа** - д.т.н., проф. (технологія легкої промисловості),  
**М.І. Хвисюк** - д.м.н., проф. (медична інженерія),  
**М.І. Черновол** – член-кор. УААН, д.т.н., проф. (матеріалознавство),  
**В.В. Федоренко** - д.м.н., проф. (інформаційні системи, обчислювальна й електронна техніка, системи зв'язку та приладобудування)  
**О.Л. Шагін** - д.т.н., проф. (будівництво і будіндустрія),  
**Є.П. Шольц-Куліков** - д.т.н., проф. (технологія харчової промисловості),  
**С.Л. Ярошевський** - д.т.н., проф. (металургія)

Підписано до друку 28.04.2010р.

Ціна договірна

Адреса редакції: просп. Космонавта Комарова, 1,  
корп. 11, кімн. 402, м. Київ, 03680, Україна

Тел.: +38(044)406-71-58

E-mail: kvp@nau.edu.ua

### Editorial board:

Editor-in-chief – Dr. of Eng., Prof. **V.P. Kvasnikov**  
Executive secretary – Cand. of Eng. **V.I. Savchenko**,  
Editors – **K.S. Babich, A.V. Dzubanenko**

### Members of editorial board:

**A.I. Babushkyn** – Dr. of Eng., Prof. (Aviation and Space Engineering),  
**L.R. Vyshniakov** - Dr. of Eng (Material Science)  
**R.B. Gevko** – Dr. of Eng., Prof. (Mechanical Engineering),  
**M.M. Giro** – Dr. of Eng., Prof. (Communications, Transport Networks and others),  
**A.M. Zolotaryov** – Dr. of Econ., Prof. (Economics, Law and Management in Engineering),  
**L.V. Kolomiets** – Dr. of Eng., Prof. (Standardisation, Metrology and Certification),  
**V.I. Lytyvnenko** – Dr. of Chem. (Chemical Technologies and Engineering Biotechnology),  
**A.P. Melnyk** – Dr. of Eng., Prof. (Oil-and-Gas Technologies),  
**V.M. Melnyk** – Dr. of Eng., Prof. (Geology, Mining and Processing of Minerals),  
**I.S. Mysak** – Dr. of Eng., Prof. (Power Engineering),  
**O.O. Panasenko** – Dr. of Eng., Prof. (Information Systems, Computer and Electronic Engineering, Communication Systems and Instrument Engineering),  
**O.K. Tryshyn** – An Academician of UAAS, Dr. of Agr., Prof., (Engineering Problems of Agroindustrial Complex)  
**V.M.Salo** - Dr. of Eng., Prof. (Engineering problems of agricultural Complex))  
**V.V. Solovey** – Dr. of Eng., Prof. (Preservation of Environment (Ecological Engineering) and Resource Saving),  
**V.I. Stupa** – Dr. of Eng., Prof. (Technology of Light Industry),  
**M.I. Khvysuk** – Dr. of Med., Prof. (Medical Engineering),  
**M.I. Chernovol** – A corresponding-member of UAAS, Dr. of Eng., Prof. (Material Science),  
**V.V. Fedorenko** - Dr. of Eng., Prof. (Information Systems, Computer and Electronic Engineering, Communication Systems and Instrument Engineering)  
**O.L. Shagin** – Dr. of Eng., Prof. (Building and Construction Engineering),  
**Ye.P. Sholts-Kulikov** – Dr. of Eng., Prof. (Technology of Food Industry),  
**S.L. Yaroshevsky** – Dr. of Eng., Prof. (Metallurgy)

Signed for printing on 28.04.2010.

Agreed price

Address of Editorial Staff: Cosmonaut Komarov St., 1,  
build. 11, 402 room, Kyiv, 03680, Ukraine

Tel.: +38(044)406-71-58

E-mail: kvp@nau.edu.ua

**Зміст****Авіаційна й космічна техніка**

<b>Купенко О.В.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ЕТАЛОННИХ КООРДИНАТ ТА ТРАЄКТОРІЙ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДОСЛІДЖЕНЬ СУПУТНИКОВИХ НАВИГАЦІЙНИХ СИСТЕМ	8
<b>Приходько І.А.</b> ОЦІНКА ЦІЛІСНОСТІ ПЕРСПЕКТИВНОЇ ГЛОБАЛЬНОЇ СУПУТНИКОВОЇ НАВИГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ GALILEO	12
<b>Харченко В.П., Ільницька С.І.</b> ОЦІНКА АЛГОРИТМУ ІНТЕГРУВАННЯ РІВНЯНЬ ОБЕРТАЛЬНИХ РУХІВ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ	17
<b>Харченко В.П., Сорочан А.Г.</b> МАЛОБАЗОВИЙ МЕТОД ПЕЛЕНГАЦІИ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ	22
<b>Геологія, видобування та переробка корисних копалин</b>	
<b>Мисак Й.С., Омеляновський П.Й., Голишев Л.В.</b> ОПТИМАЛЬНИЙ РЕЖИМ РОБОТИ ПИЛОСИСТЕМИ З КУЛЬОВИМ БАРАБАННИМ МЛИНОМ ПРИ РОЗМЕЛЮВАННІ ВУГІЛЛЯ МАРКИ АШ	27
<b>Мисак Й.С., Івасик Я.Ф., Омеляновський П.Й.</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ПИЛОСИСТЕМИ ВІД КУЛЬОВОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ БАРАБАНА МЛИНА (КБМ)	32
<b>Інформаційні системи, обчислювальна й електронна техніка, системи зв'язку та приладобудування</b>	
<b>Безвесільна О.М., Гнатейко Н.В., Ткаченко С.С.</b> ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ДИСКРЕТНОСТІ КВАНТУВАННЯ СИГНАЛУ КІЛЬЦЕВОГО ЛАЗЕРА	37
<b>Безвесільна О.М., Гура Є.В.</b> АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ АВІАЦІЙНОЇ ГРАВИМЕТРІЇ	41
<b>Безвесільна О.М., Подчашинський Ю.О.</b> АЛГОРИТМІЧНА ОБРОБКА ДВОВИМІРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО МЕХАНІЧНІ ВЕЛИЧИНИ НА ОСНОВІ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	44
<b>Белятинський А.О., Кужель Н.В.</b> МЕТОД ЧИСЕЛЬНОГО РОЗРАХУНКУ ПОХІДНОЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ШВИДКОГО СПЛАЙН-ПЕРЕТВОРЕННЯ	50
<b>Бойченко О. В., Яценко Л.Ф., Яловенко Ю.В.</b> МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІНСЬКОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА	54
<b>Борковский А.В., Борковская Л.А.</b> КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ	60
<b>Ведміцький Ю.Г.</b> УЗАГАЛЬНЕНІ ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ-АНАЛОГИ НЕПЕРЕРВНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ДОВІЛЬНОГО ПОРЯДКУ	63
<b>Вишневский О.А.</b> РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ИЗНАШИВАНИЯ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ	70
<b>Вінічук І.М.</b> ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ІНТЕРАКТИВНИХ ГОЛОСОВИХ СИСТЕМ У СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ	75

# АВІАЦІЙНА Й КОСМІЧНА ТЕХНІКА

УДК 621.396.933:629.783(045)

О.В. Кущенко

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕТАЛОННИХ КООРДИНАТ ТА ТРАЄКТОРІЙ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДОСЛІДЖЕНЬ СУПУТНИКОВИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Національний авіаційний університет: kutsenco@bigmir.net

*Розглянута методика отримання еталонних координат та траєкторій при дослідженні супутникових навігаційних систем. Описане програмне забезпечення, яке використовується для отримання еталонних координат та траєкторій. Та показані практичні результати порівняння еталонної траєкторії з реальною.*

**Ключові слова:** навігація супутникова, координати, траєкторія псевдовідстань фазова, диференціальний режим, rtk режим, оцінка точності.

### Постановка проблеми

При проведенні досліджень супутникових навігаційних систем ключовим питанням являється оцінювання точності визначення координат навігаційним приймачем [1]. Таким чином на передній план виходить проблема отримання еталонних координат антен навігаційних приймачів при проведенні статичних навігаційних вимірів, та отримання еталонних траєкторій при проведенні кінематичних навігаційних визначень.

### Аналіз останніх досліджень

Визначення еталонних координат фазових центрів антен навігаційних приймачів можна здійснити як за допомогою класичних геодезичних методів визначення координат, так і з використанням супутникових навігаційних приймачів. Визначення еталонної траєкторії зазвичай можливе тільки за допомогою навігаційних приймачів. При цьому варто зазначити, що використання навігаційних приймачів дозволяє заощадити значні матеріальні й людські ресурси. Також при використанні даного методу «прив'язка» здійснюється у всесвітній геодезичній системі координат WGS-84, що не завжди можливо при використанні класичних методів.

Оскільки переважна більшість навігаційних приймачів для потреб навігації використовують кодові виміри псевдовідстані, то в якості еталону доцільно використовувати приймач геодезичного класу, який дозволяє провадити окрім кодових й фазові виміри псевдовідстані при чому на частотах L1 та L2. Як зазначено в [2], фазові виміри використовуються для отримання координат підвищеної точності.

### Постановка завдання

Задача практичної реалізації методики отримання еталонних координат та траєкторій з використанням фазових вимірів супутникових навігаційних систем вирішується в три етапи:

1. Запис вимірів еталонного навігаційного приймача;
2. Отримання вимірів навігаційного приймача встановленого в точці з відомими координатами;
3. Обробка вимірів еталонного навігаційного приймача та приймача встановленого в точці з відомими координатами за допомогою відповідного програмного забезпечення.

### Виклад основного матеріалу

Як приклад еталонного навігаційного приймача для отримання навігаційних вимірів можна представити геодезичний навігаційний приймач ProPak – V3 виробництва компанії Novatel (Канада). Даний навігаційний приймач дозволяє одночасно отримувати дванадцять фазових вимірів псевдовідстаней для кожної з супутникових навігаційних систем GPS та ГЛОНАСС. На Рис. 1 зліва представлений зовнішній вигляд даного навігаційного приймача, а з правої сторони на представлена його антена, що розташована на даху 11 корпусу НАУ.

Для запису даних на персональний комп'ютер використовувалося програмне забезпечення CDU, яке поставляється разом з навігаційним приймачем. Дане програмне забезпечення відображує стан навігаційного приймача, дозволяє налаштувати навігаційний приймач на

видачу різноманітних даних, і записує отримані дані в файл. Програмне забезпечення CDU має зручний графічний інтерфейс і працює в середовищі MS Windows 98/2000/XP/Vista/7 з встановленим Microsoft .NET Framework 2.0. Дані що наотуються навігаційним приймачем представлені у вигляді повідомлень. Повідомлення докладно розглянуті в [3]. Типи повідомлень, що необхідні для визначення еталонних координат чи траєкторій та їх параметри визначені в [5] представлені в Табл. 1.

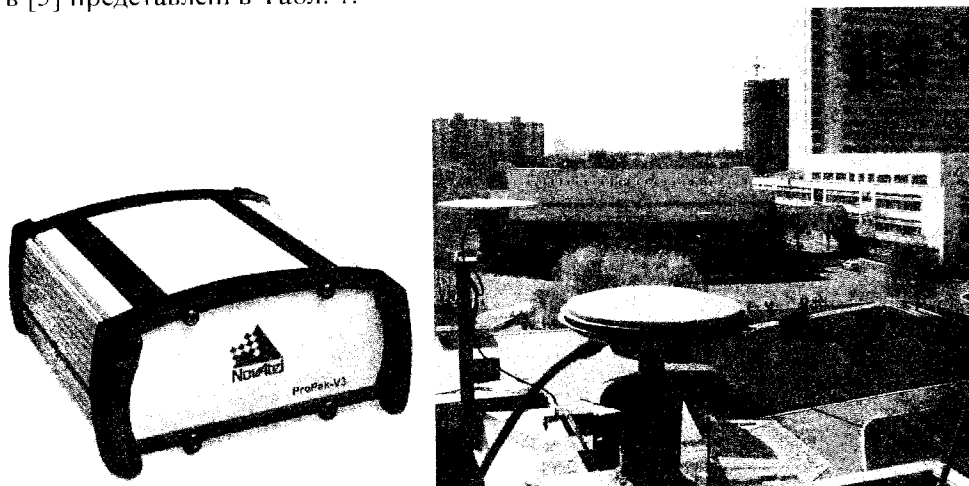


Рис. 1. Зовнішній вигляд навігаційного приймача ProPak – V3 та його антени

Таблиця 1

Необхідні для запису повідомлення та їх параметри

№ П/П	Тип повідомлення	Дані	Протокол	Порядок видачі	Період	Затримка видачі
1	BESTPOS	Розраховані приймачем координати	Binary	On Time	1	0
2	RANGE	Виміряні псевдовідстані	Binary	On Time	1	0
3	RAWEPHEM	Ефемериди супутників	Binary	On Next	-	-
4	IONUTC	Параметри іоносфери	Binary	On Next	-	-
5	VERSION	Версія програмного та апаратного забезпечення приймача	ASCII	Once	-	-

Для визначення високоточних координат за допомогою методу відносного позиціонування необхідно отримати виміри навігаційного приймача встановленого в точці з відомими координатами. При проведенні досліджень використовувалися дані перманентної GPS – станції «Київ/Голосіїв». Докладна інформація по даній станції представлена в [4]. Дана станція була встановлена в м. Київ 16 грудня 1997 р. Головною астрономічною обсерваторією Національної академії наук України (ГАО НАНУ), в місті Києві. Антена навігаційного приймача змонтована на даху головного офісу обсерваторії. На сьогодні станція обладнана навігаційним приймачем NovAtel DL-V3 з антеною NOV702GG. Режим роботи станції: інтервал реєстрації сигналів від GPS-супутників - 30 с; мінімальний кут місця для супутників, що спостерігаються, 5°; пересилання файлів спостережень - щогодини. Дані спостережень пересилаються у внутрішньому бінарному форматі до Операційного центру даних ГАО НАНУ, де вони перетворюються в універсальний формат RINEX і відсилаються до Регіонального центру збору даних IGS у Федеральній агенції картографії та геодезії, в місті Франкфурт-на-Майні, Німеччина та до Локального центру збору даних EPN в Інститут космічних досліджень (OLG), в місті Грац, Австрія.

Для визначення еталонних координат використовується програмне забезпечення виробництва фірми Novatel (Канада) Waypoint GrafNav/GrafNet. Як зазначено в [5], дане програмне забезпечення призначене для постобробки вимірів навігаційних приймачів за допомогою методу відносної навігації. Воно підтримує більшість існуючих одно й двох частотних навігаційних приймачів які приймають сигнали від навігаційних супутників систем GPS та ГЛОНАСС. Серед підтримуваних протоколів даних навігаційних приймачів наявні Leica SR/MX/System 500/System 120, Magellan, Novatel CMC, Novatel OEM2/3/4/V, Sif Binary,

U-blox, а також універсальний протокол навігаційних даних RINEX. Можлива обробка навігаційних вимірів з використанням однієї або кількох базових станцій. Отримання високоточних координат та траєкторій можливе при відстанях до базової станції 30-50 км. Програмне забезпечення не тільки розраховує координати, а й дозволяє оцінити точність їх визначення. Окрім цього дане програмне забезпечення дозволяє отримувати велику кількість додаткової інформації про якість навігаційних даних, а саме інформацію про кількість супутників, їх видимість, геометричні фактори погіршення точності, рівень відношення сигнал/шум, висотний профіль вимірів та ін. Дані можуть представлятися у текстовому і графічному вигляді. Можна представляти інформацію як по всьому сеансу вимірювань, так і по його часині. Програмне забезпечення GrafNav/GrafNet має зручний графічний інтерфейс і працює в середовищі MS Windows 98/2000/XP/Vista/7.

За допомогою описаної методики були отримані еталонні координати фазових центрів антен розташованих в НАУ. Також були проведені кінематичні навігаційні виміри при роботі навігаційного приймача в автономному режимі, диференційному режимі та в режимі RTK. На Рис. 2 представлені місце розташування антен НАУ (V1, V3), місце розташування станції «Київ/Голосіїв» (GLSV) та еталонна траєкторія. Частина траєкторії пролягає в районах з висотною забудовою. В наслідок чого видимість навігаційних супутників, та прийом навігаційних корекцій був утруднений.

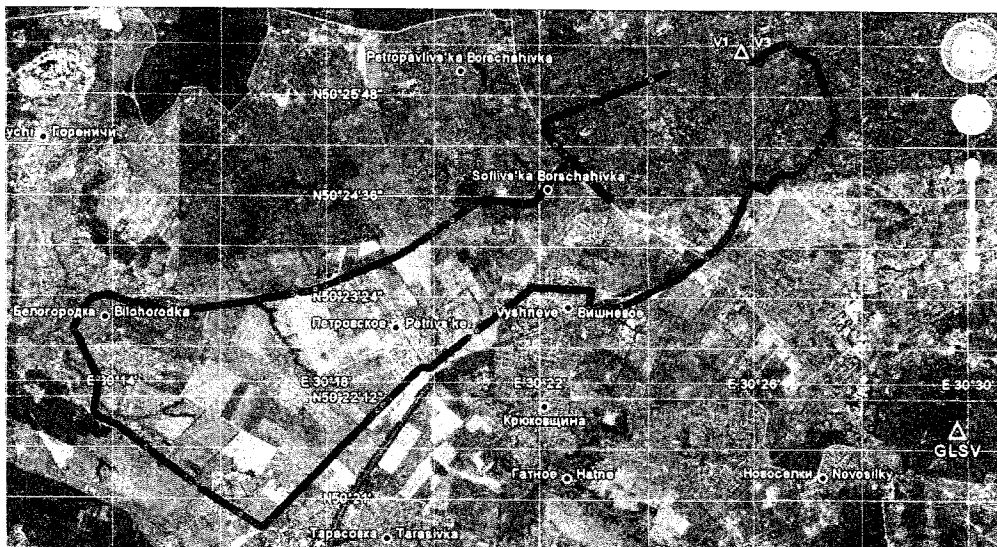
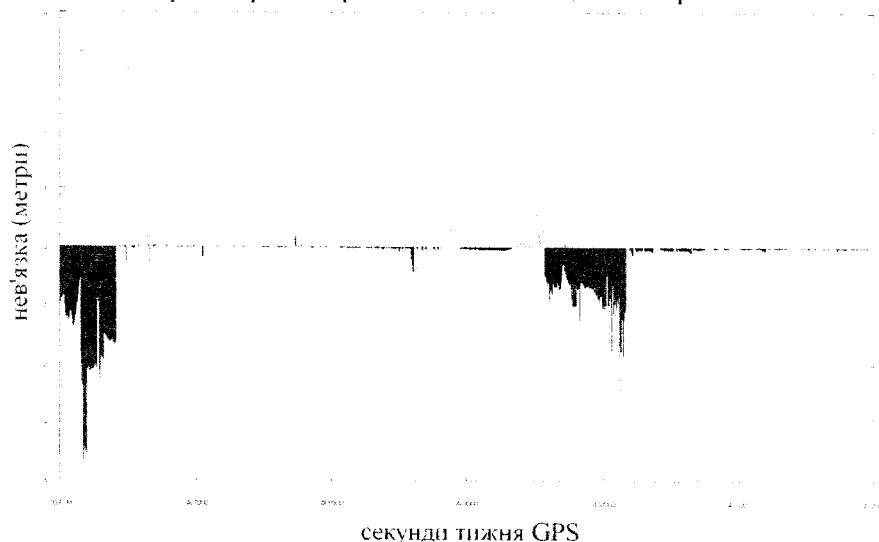
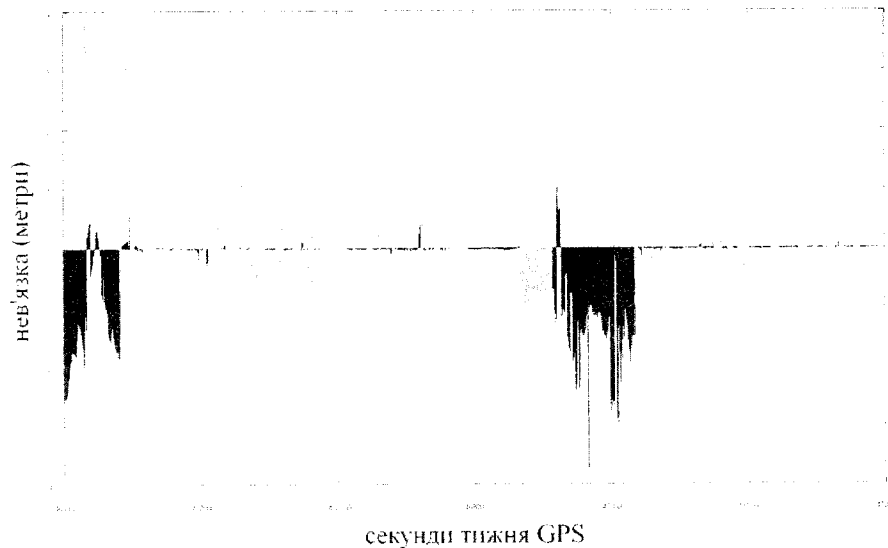


Рис. 2. Схема розташування еталонних координат та траєкторії

На Рис. 3 показана нев'язка по довготі та широті між еталонною траєкторією отриманою за описаною методикою та траєкторією отриманою з навігаційного приймача.



а



б

- 1 – звичайний режим роботи навігаційного приймача;
- 2 – диференційний режим роботи навігаційного приймача;
- 3 – RTK режим роботи навігаційного приймача.

Рис. 3. Нев'язка між еталонною та реальною траєкторіями (а) по довготі, (б) по широті

Як видно з рисунку найкращу точність навігаційний приймач має в режимі RTK, а найгіршу при використанні звичайного режиму роботи, що цілком співпадає з теоретичними даними. На графіках присутні розриви, які можна пояснити відсутністю еталонних координат в певні моменти часу в наслідок недостатньої кількості спостережуваних навігаційних супутників.

#### Висновки

Розглянута методика отримання еталонних координат та траєкторій з використанням фазових вимірів супутникових навігаційних систем, яка включає обробку даних з еталонного навігаційного приймача та навігаційного приймача встановленого в точці з відомими координатами.

В ході експериментальної перевірки даної методики показана її ефективність при доступності навігаційних супутників.

Хоча недоліком представленої методики являється наявність розривів в даних при проведенні досліджень в умовах поганого прийому сигналів від навігаційних супутників її доцільно використовувати при проведенні досліджень супутникових навігаційних систем.

#### Список літературних джерел

1. Конин В.В., Харченко В.П. Системы спутниковой радионавигации / Национальный авиационный университет. – К.: Холтех, 2010. – 520 с.
2. Гофман-Велленгоф Б., Легат К., Візер М. Навігація. Основи визначення місцеположення та скеровування / Пер. з англ.; За ред. Я.С. Яцківа. – Львів: Львівський нац. ун-т, 2006. – 443 с.
3. OEM4 Family Installation and Operation User Manual Rev 11, Vol 2 // NovAtel Inc / - 2004. – 280 p.
4. ГАО НАН України. [Електронний ресурс]. Режим доступу: // <http://www.mao.kiev.ua/>
5. User's Manual for GrafNav/GrafNet, GrafNav Lite, GrafMov and Inertial Explorer Version 7.50 // Waypoint Consulting Inc. / - 2004. – 426 p.