

УДК 621.396.98

Ю.В. Резніков, А.В. Поляков, Є.А. Сметана

*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

## ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ СУПУТНИКОВИХ НАВІГАЦІЙНИХ ВИЗНАЧЕНЬ В РЕЖИМІ КІНЕМАТИКИ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ВІЙСЬКОВИХ СПОЖИВАЧІВ

*Проведений аналіз завдань навігаційного забезпечення і показано основні проблеми, що виникають при їх вирішенні штатними засобами. Запропоновано для визначення координат військових споживачів сумісне використання існуючої апаратури супутникової навігації та інформації системи координатно-часового забезпечення України. Отримані оцінки точності визначення координат в режимі кінематики реального часу.*

**Ключові слова:** система координатно-часового забезпечення України, кінематика реального часу.

### Вступ

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для завдань навігації рухомих об'єктів у Збройних Силах (ЗС) досить вимогливими по точності і надійності координатних визначень є завдання топогеодезичної прив'язки позиційних районів і бойових позицій ракетних комплексів, забезпечення випробувань нових та модернізованих зразків озброєнь і військової техніки, створення тренажерно-імітаційних комплексів для проведення навчальних стрільб. Дані завдання вимагають точності визначення координат на рівні одиниць сантиметрів. Використання типових приймачів сигналів супутникових навігаційних систем типу СН-3003 не дозволяє досягти заявлених характеристик. Виходом з даної ситуації може бути використання відносних методів навігації на основі інформації системи координатно-часового та навігаційного забезпечення (СКНЗ) України.

СКНЗ України за своїм функціональним призначенням є поліпшуючою системою [1]. Ця система реалізує наземне доповнення до існуючих і перспективних глобальних супутникових навігаційних систем (ГНСС), підвищуючи якість їхнього сервісу та знижуючи залежність від політики їхніх країн-власників. Концепцією створення системи навігаційного забезпечення Збройних Сил України передбачається тісна інформаційна взаємодія військових споживачів з елементами СКНЗ України [2].

Сьогодні в Україні розгорнуті і перебувають у дослідній експлуатації біля двох десятків контрольно-корегуючих станцій (ККС) СКНЗ України та центр обробки вимірювальної інформації - центр контролю навігаційного поля. Ці елементи системи вже зараз забезпечують формування та передачу через мережу Інтернет локальних і широкозонних диференціальних поправок, які підвищують точність і надійність автономних координатних визначень супутникової навігаційної та геодезичної апаратури.

Сегменти СКНЗ України забезпечують можливість реалізації в реальному масштабі часу трьох осно-

вних режимів координатних визначень - локального RTK (Real Time Kinematic- англ. кінематика реального часу) режиму (відносні визначення з використанням фази несучих навігаційних сигналів), локального диференціального режиму (відносні визначення поблизу ККС із використанням поправок до псевдовідстаней) і широкозонного диференціального режиму (відносні визначення з використанням середньозважених поправок до псевдовідстаней, які сформовані сукупністю ККС СКНЗ України). Виходячи з теорії використання ГНСС [3], найбільш ефективним у визначеному локальному районі є застосування RTK режиму, при якому точність координатних визначень має бути на рівні одиниць сантиметрів, що задовольняє вимогам військових споживачів. Тому **метою** статті є практичне підтвердження можливості досягнення теоретичного рівня точності супутникового позиціонування при використанні режиму кінематики реального часу.

### Виклад основного матеріалу

Оцінка характеристик точності та надійності вимірювання (визначення) координат супутниковими методами при використанні інформації СКНЗ України в локальному та регіональному масштабах проводилась за результатами досліджень з реалізації RTK режиму супутникового позиціонування. Мета досліджень полягала в отриманні оцінок характеристик точності вимірювань координат супутниковими методами при використанні інформації СКНЗ України в локальному масштабі для обґрунтування доцільності використання споживачами ЗС України інформації СКНЗ України при рішенні завдань місцевизначення стаціонарних і рухомих об'єктів методами супутникової навігації.

Основними завданнями досліджень були:

- практичне відпрацювання технологій позиціонування споживачів ЗС України з використанням локальних поправок від СКНЗ України;
- практична перевірка технічних рішень, реалізованих у технологіях (і засобах) доставки корегуючої інформації від СКНЗ України до стаціонарних і рухомих споживачів ЗС України;

– експериментальне підтвердження теоретичних точностних характеристик позиціонування з використанням інформації СКНЗ України.

Дослідження проводилися на базі Державного науково-випробувального центру Повітряних Сил Збройних Сил України (ДНВЦ) з використанням інформації ККС FDRS, яка входить до складу СКНЗ України та розташована на території ДНВЦ. При проведенні досліджень використовувалися наступні стаціонарні і рухомі об'єкти:

- у якості наземних стаціонарних об'єктів - точки місцевості ДНВЦ, які розташовані на відстані 0,25 км, 3,0 км, 12 км, 27 км від ККС FDRS;

- у якості наземних мобільних об'єктів - легковий автомобіль.

Дослідження виконувались методом порівняння координат, отриманих GPS і GPS+ГЛОНАСС приймачами в реальному масштабі часу за допомогою інформації від ККС FDRS, з еталонними координатами, отриманими геодезичними методами супутникової зйомки при післясеансній обробці вимірювань.

Дослідження виконувались в статичному і кінематичному режимах. Координати всіх точок вимірювались в глобальній системі координат WGS-84.

Дослідження проводилися в два основних етапи:

1) визначення еталонних координат статичних точок щодо контрольно-корегуючої станції ДНВЦ на відстані приблизно 0,25 км, 3,0 км, 12 км, 27 км, еталонні координати визначались геодезичним методом GPS зйомки з післясеансною обробкою вимірювань;

2) проведення серії GPS і GPS/ГЛОНАСС вимірювань в реальному масштабі часу з використанням корегуючої інформації від ККС ДНВЦ у статичних точках з еталонними координатами.

У результаті досліджень визначалися координати статичних точок з використанням супутникових GPS і GPS+ГЛОНАСС приймачів і інформації від СКНЗ України з використанням локального RTK режиму.

Відстань точки №1 від базової станції FDRS становила 0,2 км. Для дослідження локального двочастотного GPS+ГЛОНАСС RTK режиму використовувався приймач NovAtel DL-V3 L1L2GRVA. На рис. 1, а наведені похибки місцевизначення у точці № 1.

Аналіз результатів визначенні координат точки № 1 у локальному RTK режимі показав, що L1L2 RTK рішення при вимірюваннях у точці № 1 були безперервними на усьому вимірювальному інтервалі, навіть не зважаючи на значний, в багатьох випадках, вік корегуючих поправок. Максимальний середній зсув – 2,5 см.

Відстань точки № 2 від ККС FDRS становила 2,88 км. Для дослідження локального двочастотного GPS+ГЛОНАСС RTK режиму використовувався приймач NovAtel DL-V3 моделі L1L2GRVA – двочастотний L1L2 GPS + ГЛОНАСС RTK ровер. На рис. 1, б наведені похибки місцевизначення координат точки №2 на площині. Аналіз даних досліджень локального L1L2 RTK режиму в точці №2 показав, що зона стійкого RTK рішення була в 75 % випадків. В середньому по всім інтервалам вимірювань зсуви координат від їх

еталонних значень склали 24, 7 і 13 см для широти, довготи й висоти відповідно. Вихід зсувів за межі норми пов'язаний, насамперед, з нестійкою роботою каналу доставки корегуючої інформації.

Відстань точки № 3 від ККС FDRS становила 12,3 км. Для дослідження локального двочастотного GPS+ГЛОНАСС RTK режиму використовувався приймач NovAtel DL-V3 моделі L1L2GRVA. На рис. 1, в наведені похибки місцевизначення координат точки №3 на площині. Аналіз результатів визначення координат точки № 3 у L1L2 RTK режимі показав, що комплекту устаткування знадобилося близько 6 хвилин для забезпечення стійкого прийому корегувальних поправок, після чого, за винятком разового зриву, режим L1L2 RTK забезпечувався безупинно на всьому інтервалі спостережень. В RTK режимі до 80 % координатних рішень не виходило за межі похибок 1...2 см, наявні викиди до 4...7 см є наслідком збільшення віку корегуючих поправок.

Відстань точки № 4 від ККС FDRS становила 27,2 км. Для дослідження локального двочастотного GPS+ГЛОНАСС RTK режиму використовувався приймач NovAtel DL-V3 моделі L1L2GRVA.

У точці № 4 приймач стійко функціонував у режимі L1L2 RTK близько 85% відсотків часу повного інтервалу часу вимірювань (рис. 1, г). Максимальний середній зсув – 2 см.

## Висновки

Застосування інформації СКНЗ України є найбільш перспективним і ефективним напрямком для рішення завдань високоточного навігаційного і топогеодезичного забезпечення військових споживачів, обладнаних відповідними програмно-апаратними засобами. Результати експериментальних досліджень показали, що навіть існуючі на сьогоднішній день сегменти СКНЗ України в стані забезпечити високоточне та надійне визначення координат у реальному часі як у локальному, так і в регіональних масштабах.

За результатами досліджень локального двочастотного RTK режиму отримані наступні висновки:

- під час проведення досліджень був реалізований двочастотний RTK режим у всіх чотирьох статичних точках;

- середній зсув щодо еталонних координат склав значення 1...2 см у всіх чотирьох статичних точках, що можна визнати задовільним результатом;

- у процесі статичної зйомки виникали викиди похибок до 5...10 см, що пов'язано як з нестійкою роботою каналу передачі даних (збільшення віку поправок), так і з впливом ефекту багатопроміневаті при проведенні експериментальних робіт.

Забезпечення таких характеристик точності дозволяє перейти на якісно новий рівень рішення навігаційних і топогеодезичних завдань для забезпечення виконання заходів, передбачених Концепцією створення системи навігаційного забезпечення Збройних Сил України [2], затвердженою Начальником Генерального штабу ЗС України.

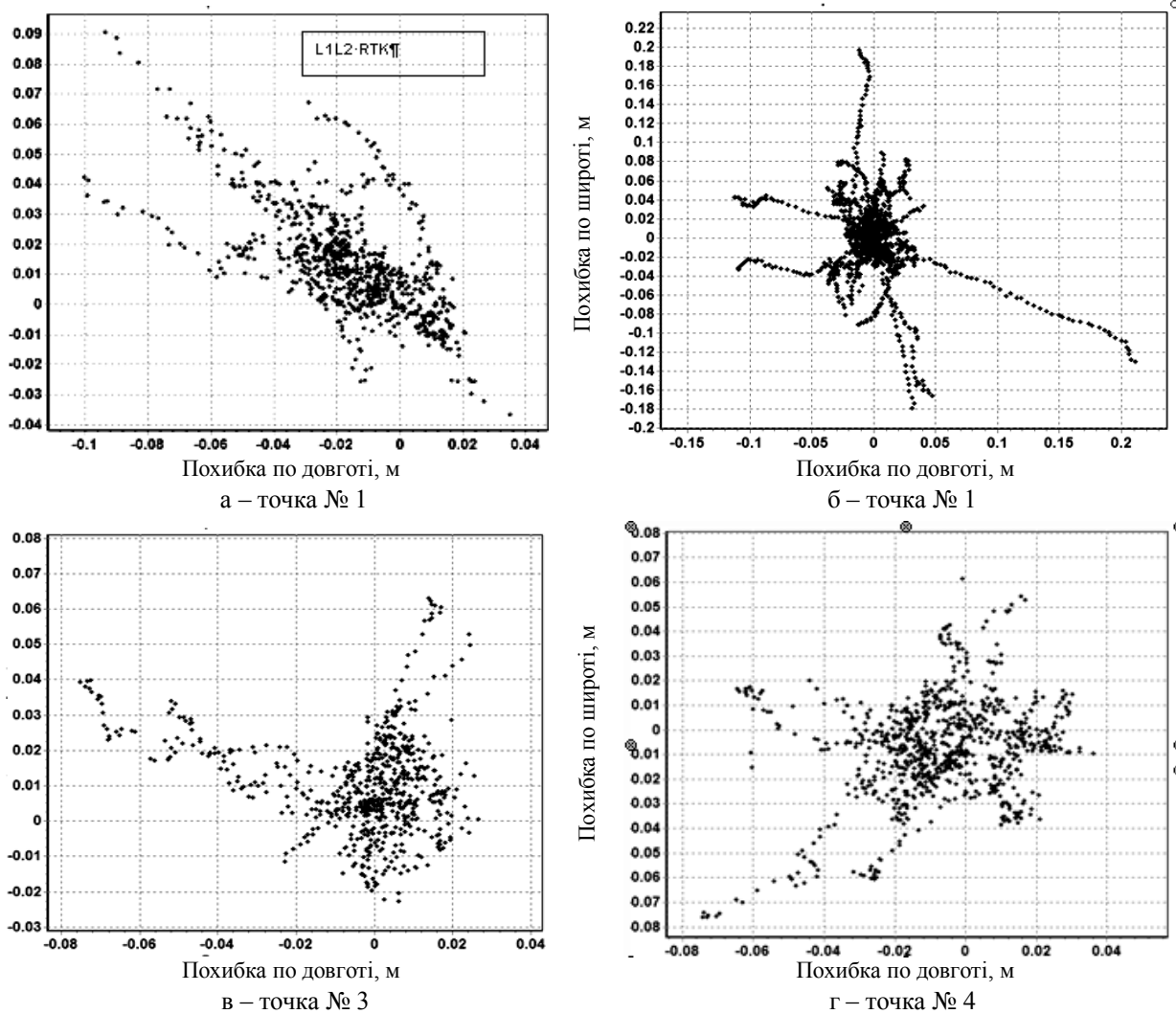


Рис. 1. Похибка визначення координат на площині в RTK режимі

### Список літератури

1. Концепція створення та експлуатації системи координатно-часового і навігаційного забезпечення України з застосуванням глобальних навігаційних супутникових систем на період 2006 – 2011 роки. – Національне космічне агентство України, 2005. – 31 с.

2. Концепція створення системи навігаційного забезпечення Збройних Сил України. – Київ: ВТУ ГШ ЗС України, 2003. – 8 с.

3. Kim, J. Test Result of RTK-GNSS Using Compact RTK Correction Messages Combined with NTRIP / J. Kim, S. Jeon, C. Kee, S. Lee. // ION NTM 2005, 24-26 January 2005, San Diego, CA. – pp. 471-479.

Надійшла до редколегії 1.08.2013

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.П. Деденок, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ В РЕЖИМЕ КИНЕМАТИКИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВОЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Ю.В. Резников, А.В. Поляков, Е.А. Сметана

Проведен анализ задач навигационного обеспечения и показаны основные проблемы, которые возникают при их решении штатными средствами. Предложено для определения координат военных потребителей совместное использование существующей аппаратуры спутниковой навигации и информации системы координатно-временного обеспечения Украины. Получены оценки точности определения координат в режиме кинематики реального времени.

**Ключевые слова:** система координатно-временного обеспечения Украины, кинематика реального времени.

### ESTIMATION OF EXACTNESS OF SATELLITE NAVIGATION DETERMINATIONS IN REAL TIME KINEMATIC MODE FOR DECISION OF MILITARY USERS TASKS

U.V. Reznikov, A.V. Polyakov, E.A. Smetana

The analysis of navigation providing tasks is performed and basic problems which arise up at their decision regular facilities are rotined. Sharing of existent equipment of satellite navigation and information of the system of the coordinate-temporal providing of Ukraine is offered for determination of soldiery users. The estimations of determination coordinates exactness are got in real time cinematic mode.

**Keywords:** system of the coordinate-temporal providing of Ukraine, real time cinematic mode.