

УДК 621.81 : 621.753.2

М.Л. Троцько¹, А.М. Носик², О.П. Нарезній³, В.С.Яровий⁴¹ Метрологічний центр військових еталонів Збройних Сил України, Харків² Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків³ Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків⁴ Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ

ПЕРСПЕКТИВНА ТАКТИЧНА НАВІГАЦІЙНА СИСТЕМА КООРДИНАТНО-ЧАСОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛОКАЛЬНИХ КОНФЛІКТІВ

В статті представлені результати досліджень щодо вибору структури перспективної тактичної навігаційної системи координатно-часового забезпечення Збройних Сил України. Пропонується в якості напрямку удосконалення тактичної навігаційної системи використання інерційної навігаційної апаратури та комплексування сигналів систем GPS/ГЛОНАСС, EGNOS та цифрового телебачення.

Ключові слова: координатно-часове забезпечення, тактична навігаційна система координатно-часового забезпечення.

Вступ

Актуальність питання. Відомо що провідне місце при розв'язуванні задач координатно-часового забезпечення в ЗС України займають глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС) GPS і ГЛОНАСС, які забезпечують необхідну доступність, точність і оперативність.

Але дані ГНСС є системами подвійного призначення та знаходяться під військовим контролем - GPS (США), ГЛОНАСС (РФ). Тому в Україні проводяться роботи по розгортанню Системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України (СКНЗУ).

Метою СКНЗУ є формування та представлення в реальному часі навігаційного поля ГНСС споживачам, розташованим на території України, диференційної корегуючої інформації (ДКІ). СКНЗУ є мережею референтних станцій, з'єднаних з Центром контролю навігаційного поля та спільно з мережею контрольно-корегуючих станцій (ККС) утворюють вимірювальну систему. СКНЗУ будується у відповідності стандартам EUPOS (European Position Determination System) за технологією Flachen Korrektur Parameter (ФКР, метод площадних поправок).

На даному етапі розгортання СКНЗУ забезпечує споживачам [1, 2]:

- в реальному масштабі часу ДКІ в форматі RTCM 2.3 (DGSP корекції забезпечують покриття 85 % території України) й RTCM 3.0 (Real Time Kinematic (RTK) корекції забезпечують покриття приблизно 10 % території України);

- в післясеансному режимі результати відповідних вимірювань від мережі ККС в форматі RINEX ver.2.11.

Крім того, в реальному масштабі часу широкозонна ДКІ, побудована по технології ФКР забезпечує покриття 100 % території України. При цьому за цією технологією споживачу надаються наступні типи RTCM повідомлень: повідомлення типу 1 (містить ДКІ в псевдодальності супутників системи GPS); повідомлення типу 59 (містить поправочні коефіцієнти для уточнення даних повідомлення типу 1 на місцеположення споживача згідно з технологією ФКР); повідомлення типу 3 (містить координати референтної станції, відносно якої сформовані повідомлення типів 1 та 59).

Проведений аналіз актуальності задачі та існуючих варіантів тактичних навігаційних систем для забезпечення споживачів в зонах локальних конфліктів координатно-часовою інформацією встановив вимоги до такої системи щодо компактності та мобільності; взаємозастосованості координатно-часової інформації всіма силами і засобами, що приймають участь у військовій, спеціальній чи рятувальній операції; спроможностей апаратного та програмно-апаратного комплексів даної системи виконувати завдання за призначенням в умовах істотних та постановки протівником штучних перешкод

Аналіз літератури. Протягом останнього десятиріччя за кордоном значну увагу приділяють створенню тактичних систем з використанням псевдосупутників [3]. В роботі [4] приводились характеристики аеродромного псевдосупутника (ПС) типу IN500, що мав у складі атомний стандарт частоти та часу, приймач GPS, імпульсний передавач, персональний комп'ютер:

- потужність випромінювання 10 Вт;
- одночасне випромінювання C/A коду і широко-смугового WB (P) – коду, ПСП 34;

– похибка синхронізації ширококутового коду по GPS менше 1 мс, що дозволило здійснити прямий захват WB коду;

– тривалість випромінених імпульсів 2,8 % робочого циклу в 1 мс;

– можливість програмним способом змінювати несучу частоту, рівень потужності, режими модуляції, формати даних, типи кодів;

– потужність, що споживається 150 Вт.

В роботі [5] описана авіаційна система точного заходу (АСТЗ) на посадку з інверсною структурою. На відміну від стандартної системи точного заходу на посадку, що містить приймач GPS, який обробляє сигнали, прийняті від кількох передавачів супутників й ПС, АСТЗ з інверсною структурою містить кілька приймачів, що обробляє сигнали одного передавача ПС, встановленого на літаку. Система дозволяє здійснювати контроль відстаней для безперервного визначення положення літака в присутності штучних завад.

Результати вимірювань від усіх приймачів передаються на центральний процесор стаціонарного ПС, що обчислює поточне положення літака. Синхронізація сигналу ПС в такій структурі не потрібна, тому що навігація літака здійснюється тільки за різницями псевдовідстаней, вимірними у різних точках зони [6].

Система Submitter Accuracy Reference System (SARS), була встановлена в 1998 році в районі однієї з військових авіабаз США. Для розв'язання задачі визначення положення мобільного ПС, в умовах відсутності точної синхронізації шкал часу приймачів і мобільного ПС, потрібно не менше 4 приймачів і двох псевдосупутників. Положення опорного наземного ПС обирається так, щоб він знаходився в межах прямої видимості всіх приймачів, а потужність випромінювання дорівнювала потужності випромінювання мобільного ПС.

Аналіз джерел похибок, методів оптимізації режимів роботи системи й алгоритми обробки сигналів приведені в [7, 8].

Створення вітчизняного аналога сучасної тактичної навігаційної системи вимагає проведення всебічного аналізу передового досвіду побудови таких систем.

Мета статті – підвищення надійності забезпечення одночастотних навігаційних визначень користувачів ЗС України в межах локального оперативного району в умовах впливу на навігаційні сигнали систем GPS/ГЛОНАСС навмисних завад.

Основний матеріал досліджень

Основними задачами, які повинна вирішувати тактична навігаційна система при забезпеченні споживача координатно-часовою інформацією в межах локального оперативного району є:

1. Прив'язка до місцевого опорного пункту топогеодезичної мережі України.

2. Побудова базової лінії опорний пункт – мобільна ККС в напрямку оперативного району для прив'язки поточного місцеположення контрольно-корегуючих станцій в умовах ймовірної відсутності сигналів глобальної навігаційної супутникової системи необхідного рівня точності.

3. Початкова прив'язка місцеположення та синхронізація шкал часу (ШЧ) усіх компонентів комплексу.

4. Розгортання компонентів комплексу в межах оперативного району.

5. Обробка відповідним програмно-апаратним комплексом мобільної ККС отриманої навігаційної інформації для створення локального тактичного навігаційного поля.

6. Трансляція GPS-подібного сигналу споживачу в межах оперативного району, при цьому система повинна забезпечити за необхідністю постановку завад навігаційним системам противника.

Безперервність навігаційних визначень ґрунтується на такій побудові системи псевдосупутників (ПС), при якому всі джерела навігаційних сигналів рухаються з певною взаємною координацією так, що постійно забезпечується знаходження в зоні видимості споживачів необхідної для місцевизначення кількості.

Така координована мережа джерел навігаційних сигналів підтримується періодичною корекцією положення кожного джерела [9].

Таким чином безпосередньо до складу тактичної навігаційної системи, зображеної на рис. 1, повинні входити:

а) ККС, встановлена на мобільну (автомобільну) платформу, що здійснює телеметричний контроль за роботою бортових систем псевдосупутника, траскторні вимірювання з використанням високоточних лазерних засобів, визначає зміщення шкал часу псевдосупутника відносно системної шкали та забезпечує командне управління всім комплексом апаратури тактичної навігаційної системи;

б) наземний сегмент ПС на базі самохідного роботизованого шасі [10], на якому змонтовані передавальна/приймальна антена, система паралельного водіння, підсилювач потужності сигналів, що транслюються, навігаційний передавач, оснащений інтерфейсом початкової настройки та управління функціонуванням.

в) повітряний сегмент псевдосупутника на базі малорозмірного безпілотного літального апарату [11], оснащений окрім комплексу апаратури, аналогічного наземному сегменту, засобами візуального спостереження та документування інформації, необхідними для управління переміщенням всієї системи по оперативному району.

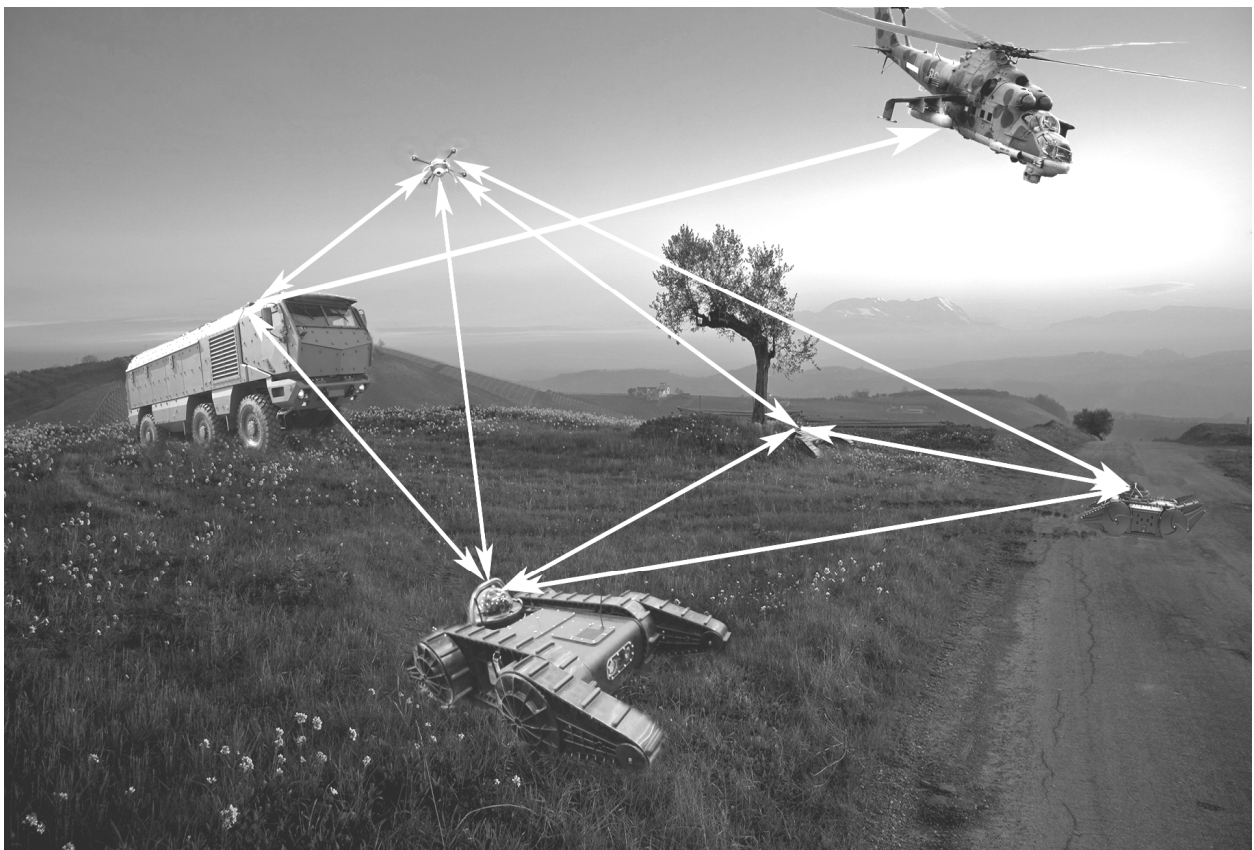


Рис. 1. Структура перспективної тактичної навігаційної системи

Безпосередньо до складу системи прийому та передачі тактичної навігаційної інформації мобільної ККС (рис. 2) входять:

– приймальні антени ГНСС/сигналів альтернативних джерел частотно-часової інформації з додатковими усилителями (блоки 1 – 3);

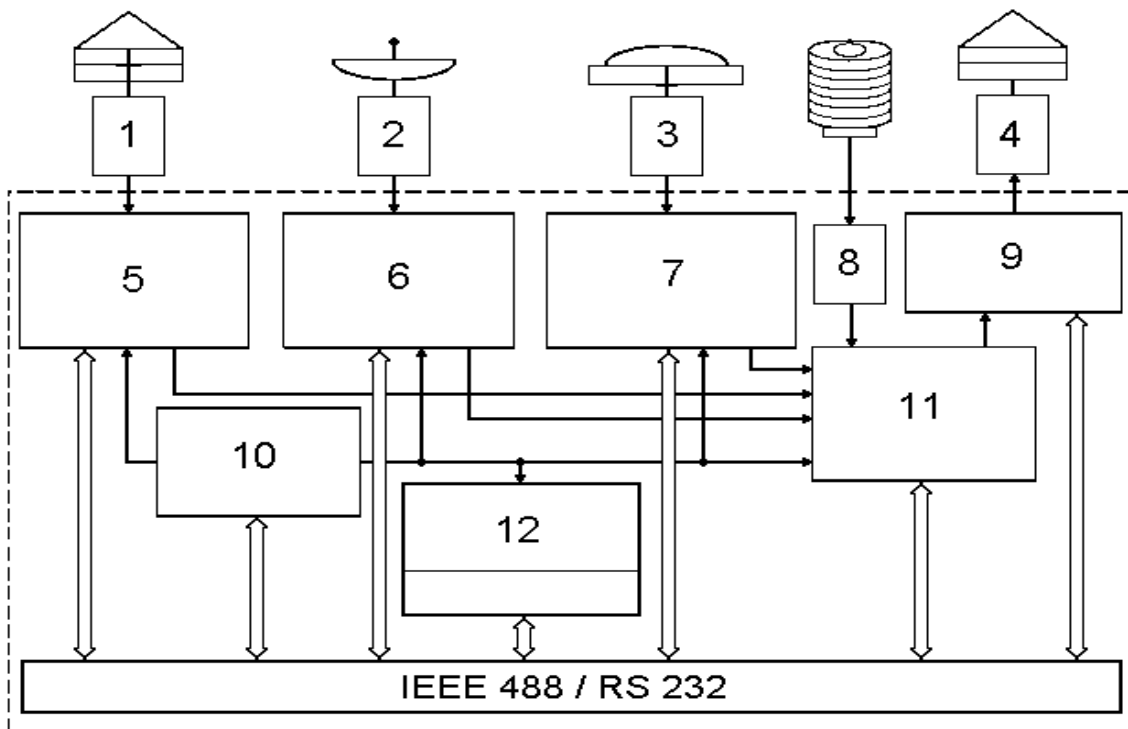


Рис. 2. Структура перспективної системи прийому та передачі тактичної навігаційної інформації мобільної ККС

– антени ККС з підсилювачами (блок 4) для спільної роботи систем прийому та передачі тактичної навігаційної інформації ПС (потужністю 150 мВт для наземних ПС та 25 мВт – для літакового);

– комплект геодезичної навігаційної апаратури (блок 5) і (блок 7) прийому та обробки навігаційних сигналів GPS(L1, L2), ГЛОНАСС(L1), EGNOS(L1);

– комплект прийому та обробки ширококутових сигналів SBAS систем цифрового телебачення (блок 6);

– метеостанція (блок 8) типу RTU 200 MIK VAISALA;

– ширококутовий передавач ПС (блок 9) потужність 10 Вт при одночасному випромінюванні С/А коду і ширококутового WB (P) – коду.

– атомний стандарт частоти та часу (блок 10) типа СЧВ-74;

– комплекс апаратури звірення ШЧ (блок 11) альтернативних джерел частотно-часової інформації з шкалою часу групового еталону часу та частоти (стандарт частоти та часу мобільної ККС та ПС);

– програмно-апаратний комплекс (блок 12) комплексування координатно-часової інформації, що забезпечує видачу первинної «сирої» інформації і (чи) диференційної корегуючої інформації в форматі RTCM SC 104 V.2.3 в канали зв'язку по протоколу TCP/IP в масштабі реального часу з темпом 10 с.

Крім цього, до складу мобільної ККС (рис. 1), повинні входити:

– програмно-апаратний комплекс режиму RTK ;

– лазерний дальномір;

– комплекс управління рухом самохідних шасі наземних ПС на основі комплексування навігаційної інформації та інерційальної навігаційної апаратури ККС і ПС;

– апаратура забезпечення температурно-вологісного режиму.

В перспективній тактичній навігаційній системі координатно-часового забезпечення локальних збройних конфліктів пропонується застосування програмного забезпечення GAMIT/GLOBK, що функціонує під управлінням операційної системи ASP Linux.

Вказаний програмний продукт відноситься до програм з безкоштовно розповсюджуваним відкритим вихідним кодом.

Застосовані в складі тактичної навігаційної системи ПС мають бути синхронізуємими [12]. Необхідність взаємної синхронізації бортових ШЧ мережі ПС з високою точністю пов'язана з обраним способом навігаційних вимірювань – застосу-

ванням пасивного дальноміру зі збереженням початку відліку (псевдодальноміру) [9]. Роботизовані самохідні шасі та малорозмірні безпілотні літальні апарати типу квадроліт обрані в якості мобільних платформ ПС через наявний досвід їх застосування в локальних воєнних конфліктах та операціях підтримання правопорядку та доведену високу ефективність використання на полі бою. Крім того, використання системи паралельного водіння на роботизованих самохідних шасі дозволить створити саме координовану мережу джерел навігаційних сигналів, до складу якої ввійде й мобільна ККС.

Попередні дослідження [13] показали, що очікувана точність навігаційних визначень даної тактичної навігаційної системи, буде складати (0.2 – 1) м по плановим координатам та (1 – 3) м по висоті (2σ) на всій території України.

Висновки

За результатами проведеного аналізу існуючих тактичних навігаційних систем для забезпечення споживачів в зонах локальних конфліктів координатно-часовою інформацією можемо сформулювати узагальнені вимоги до сучасної координатно-часової навігаційно-інформаційної системи тактичного призначення:

– перспективна тактична навігаційна система повинна взаємодіяти з СКНЗУ та формувати локальну корегуючу інформацію (DGPS/RTK) в системах координат WGS-84, ПЗ-90, ПЗ-90.02 за умов впливу навислих перешкод.

– розгортання мережі тактичних навігаційних систем, за попередніми оцінками, дозволить проводити навігаційні визначення в реальному часі (RTK) з сантиметровою точністю (для двочастотних приймачів споживачів) на всій території України.

Для нівелювання фазової неоднозначності при формуванні ДКІ необхідно провести усунення перескоків фази на частотах L1 і L2 шляхом застосування згладжування вимірюваних псевдодальностей по фазовим вимірюванням.

Отримані оцінки фази будуть використані для корекції згладжених по фазі кодових псевдодальностей, вимірюваних на ККС. По скорегованій вимірювальній інформації здійснюється розв'язання навігаційної задачі тактичною навігаційною системою.

Результати розв'язання проходять перетворення для застосування в опорній місцевій системі координат. Далі виконується розподілення наземного та повітряного сегментів тактичної навігаційної системи за принципом оптимального геометричного фактору для споживача з обмеженнями, що обумовлені дійсним рельєфом місцевості оперативного району.

- очікується поява систематичної складової похибки в координатах місцеположення ККС для випадків, коли рішення навігаційної задачі проводиться з врахуванням поправок різних систем, що приймають участь у комплексуванні навігаційної інформації.

Уточнення розподілення по території України систематичної складової похибки обчислення координат ККС можливе при застосуванні обробки результатів вимірювань в мережі перманентних референтних станцій СКНЗУ.

Напрямки подальших досліджень. Дослідження розподілення на місцевості компонентів тактичної навігаційної системи за принципом оптимізації геометричного фактору мережі таких систем по результатам проведення розрахунків оцінки очікуваної точності навігаційних визначень із застосуванням сигналів СКНЗУ. Визначення методів компенсації підвищеного впливу багатопроменовості розповсюдження радіосигналів, притаманних більшості ПС и ККС.

Список літератури

1. Прямой доступ к NTRIP – caster системы координатно-временного и навигационного обеспечения Украины [Електронний ресурс]. – Режим доступу до матеріалу: www.dki.kharkov.ukrtel.net/caster/.
2. Доступ к RINEX данным станций Системы координатно-временного и навигационного обеспечения Украины [Електронний ресурс] – Режим доступу до матеріалу: www.khrs.kharkov.ukrtel.net.
3. Балов А.В. Псевдоспутники в локальных системах расширения функциональных возможностей СРНС / А.В. Балов, А.Г. Геворкян. – Аналитический обзор, вып. 27, РИРВ. – Санкт-Петербург, 2002. – 26 с.
4. Cobb H.S. Test Results for the IN500 Airport Pseudolite [Електронний ресурс] / Cobb H.S. // ION GPS'99 Proceedings, – P. 1517. – Режим доступу до результатів: <http://www.ion.org/publications/.../99gpstoc.html>.
5. Cobb H.S. Pseudolites: Enhancing GPS with Ground-Based Transmitters [Електронний ресурс] / H.S. Cobb, M.O. Connor // GPS World, March 1998. – P. 55 – 60. – Режим доступу до статті: [http://www.locatcorp.com/.../9-](http://www.locatcorp.com/.../9-%20UNSW%20&%20OSU%20Pseudolite%20Paper%20May%202005.pdf)

www.locatcorp.com/.../9-%20UNSW%20&%20OSU%20Pseudolite%20Paper%20May%202005.pdf.

6. O'Keefe K. Pseudolite-Based Inverted GPS Concept for Local Area Positioning [Електронний ресурс] / K. O'Keefe // ION GPS'99 Proceedings, – P. 1523. – Режим доступу: <http://www.ucalgary.ca/kpgokeef/research/publications>.

7. Weiser M. Development of a Carrier and C/A-Code Based Pseudolite System [Електронний ресурс] / M. Weiser // Proceedings of ION GPS-98. September 1998. – P. 1465-1475. – Режим доступу:

<http://www.gmat.unsw.edu.au/pseudolite/biblio.html>.

8. Yun D. Centimeter-Accuracy Stand-Alone Indoor Navigation System by Synchronized Pseudolites Constellation / Yun D., Kee C. [Електронний ресурс] / D. Yun // ION GPS 2002, 24 – 27 September 2002, – P. 213 – 225. – Режим доступу: http://www.imaging.utk.edu/publications/papers/dissertation/Anis_Pilot.pdf.

9. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / В.С. Шебчаевич, П.П. Дмитриев, Иванцевич Н.В. и др.; под ред. Шебчаевича В.С. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1993. – 408 с.

10. The AVATAR II Tactical Robot [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://robotex.com/products/>.

11. Aeryon Small Unmanned Aerial Systems (sUAS) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://aeryon.com/>.

12. Yun D. Centimeter-Accuracy Stand-Alone Indoor Navigation System by Synchronized Pseudolites Constellation [Електронний ресурс] / D. Yun, C. Kee // ION GPS 2002, 24 – 27 September 2002, – P. 213 – 225. – Режим доступу: http://www.imaging.utk.edu/publications/papers/dissertation/Anis_Pilot.pdf.

13. Методика и предварительные результаты экспериментальных исследований точности определения положения специальных потребителей с использованием информации элементов системы космического навигационно-временного обеспечения Украины / А.Г. Нестерович, Г.В. Аксюта, С.Н. Флерко, С.Ю. Павлов, В.Н. Дейнеко // Сборник научных трудов 3-го Международного радиоэлектронного Форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». – Х.: ХНУРЕ, 2008. – Ч. 1. – С. 319-320.

Надійшла до редколегії 2.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук проф. Б.О. Демідов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТАКТИЧЕСКАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТНО-ВРЕМЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ КОНФЛИКТОВ

М.Л. Троцько, А.М. Носик, А.П. Нарезшний, В.С. Яровой

В статье представлены результаты исследований по выбору структуры перспективной тактической навигационной системы координатно-временного обеспечения Вооруженных Сил Украины. Предлагается в качестве направления совершенствования тактической навигационной системы использования инерционной навигационной аппаратуры и комплексирования сигналов систем GPS / ГЛОНАСС, EGNOS и цифрового телевидения.

Ключевые слова: координатно-временное обеспечение, тактическая навигационная система координатно-временного обеспечения.

PERSPECTIVE TACTICAL NAVIGATION SYSTEM OF COORDINATE-TIME ASSURANCE OF LOCAL CONFLICTS

M.L. Trotsko, A.M. Nosyk, A.P. Narezshny, V.S. Yarovy

The article presents the results of research on the selection of tactical navigation system coordinate-time support prospective structure for the needs of Armed Forces of Ukraine. It is proposed as towards improving tactical navigation system using inertial navigation equipment and combining signals of GPS / GLONASS, EGNOS and digital TV.

Keywords: coordinate-time support, tactical navigation system coordinate-time support.