УДК 623.6

Т. КРАВЕЦЬ¹, О. ПОЛЕЦЬ², А. ЩЕРБА³

¹ Кафедра комплексів та приладів артилерійської розвідки, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, вул. Героїв Майдану, 32, Львів, 79012, Україна, тел. 0974321406, ел. пошта taras-kravets@ukr.net

² Кафедра комплексів та приладів артилерійської розвідки, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, вул. Героїв Майдану, 32, Львів, 79012, Україна

³ Кафедра комплексів та приладів артилерійської розвідки, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, вул. Героїв Майдану, 32, Львів, 79012, Україна

АНАЛІЗ СЕРЕДНЬОКВАДРАТИЧНОГО ВІДХИЛЕННЯ АПАРАТУРИ “КРОПИВА”, “УКРОП”, “ARTOS” ТА “БАЗАЛЬТ-М” ВІДНОСНО КАТАЛОГУ КООРДИНАТ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПУНКТІВ

Метою статті є подання результатів аналізу глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) і геоінформаційних систем (ГІС) у військових підрозділах на прикладі програмно-апаратних комплексів (ПАК) “Кропива”, “Укроп”, “Artos” та “Базальт-М”, зокрема порівняння точності визначення координат приладами відносно каталогу координат геодезичних пунктів та списку координат пунктів спеціальних геодезичних мереж. **Методика.** Дослідження виконано на основі аналізу наявних літературних джерел із цієї тематики та практичного застосування ПАК “Кропива”, “Укроп”, “Artos” та “Базальт-М”, порівняння точності визначення координат й розроблення на їх основі рекомендацій. Здійснено експериментальні дослідження визначення координат за допомогою програмного забезпечення без перешкод, які б заважали проходженню супутникового сигналу, та з перешкодами, на основі якого зроблено висновки. **Результати.** Досліджено теоретичні, методичні та практичні проблеми використання ПАК “Кропива”, “Укроп”, “Artos” та “Базальт-М” у військах для визначення координат. Проаналізовано тенденції та перспективи досліджуваного ПАК, враховуючи похибку, яку дають прилади під час визначення координат, та доцільність їх використання для топогеодезичного забезпечення підрозділів. Зіставлено й ґрунтовно проаналізовано чотири засоби для визначення координат. Окреслено способи застосування супутникових навігаційних систем і геоінформаційних систем у військових підрозділах на прикладі ПАК “Кропива”, “Укроп”, “Artos” та “Базальт-М”, обґрунтовано їх провідні завдання. Експериментально досліджено визначення координат різними ПАК та через різні проміжки часу отримані дані зіставлено з каталогом координат геодезичних пунктів. **Наукова новизна.** Необхідність цього дослідження пояснюється тим, що хоч ПАК “Кропива”, “Укроп” і “Artos” допущені до використання у ЗС України, а “Базальт-М” на озброєнні у військах або активно використовуються, зокрема в зоні проведення Операції Об'єднаних Сил (ООС), досі не здійснювалось порівняння точності визначення координат і не надавались рекомендації щодо їх застосування. Наукові праці, які б стосувались точності визначення координат приладами відносно каталогу координат геодезичних пунктів та списку координат пунктів спеціальних геодезичних мереж, взагалі відсутні в Україні. Основний акцент у дослідженні зроблено на особливостях застосування ПАК, їх проаналізовано та висвітлено їхні перспективи у військовій сфері. **Практичне значення.** На основі аналізу середньоквадратичного відхилення апаратури “Кропива”, “Укроп”, “Artos” та “Базальт-М” відносно каталогу координат геодезичних пунктів розроблено рекомендації щодо їх використання для командирів підрозділів тактичного рівня. Виокремлено часові особливості застосування ПАК та їх вплив на точність визначення координат. Визначено ПАК, які найдоцільніше застосувати. Результати дослідження призначені для командирів підрозділів, які з їх допомогою можуть ефективніше виконувати поставлені бойові завдання.

Ключові слова: геоінформаційні системи; геоінформаційні системи військового призначення; координати; програмне забезпечення; геодезичний пункт.

Вступ

Постановка проблеми

Вирішення різноманітних військових завдань неможливе без застосування космічних технологій, навігаційного забезпечення за рахунок використання глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) [Бойко, 2012].

Космічні технології дають змогу із високою вірогідністю вирішувати військові завдання [Бойко, 2013]: оцінювання характеристик точності озброєння; забезпечення високої точності під час випробувань і застосування модернізованих і перспективних систем озброєння; функціонування систем зброї на “непідготовленому” полі бою; оперативне приведення систем озброєння у готовність до застосування; забезпечення

функціональної сумісності під час спільних дій у коаліційних збройних угрупованнях; забезпечення точних оперативних цілевказівок, можливостей точкових ударів і мінімізації супутніх руйнувань; організації віртуальних полігонів і зниження витрат під час бойової підготовки підрозділів; упровадження диспетчерських інформаційних технологій та інформаційних систем (розвідки, навігації, систем зв'язку та передавання даних тощо). Проте основою всіх цих переваг і функцій є визначення координат, що і надає всі ці можливості.

Для Збройних сил України великою проблемою залишається відсутність своєї супутникової навігаційної системи чи хоча б одного супутника. На думку міжнародних експертів [Водяних, 2011], будь-яка система, пов'язана із зовнішнім управлінням з інших країн – це “троянський кінь”, який рано чи пізно може проявити свій негативний вплив.

На основі наявного доступу до супутникових навігаційних систем створено низку приладів і програмного забезпечення, основою яких є визначення координат, проте порівняння точності визначення координат і перешкоди, які можуть вплинути на точність визначення координат чи часові показники знімання, належно не розкрито в літературі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У Збройних силах України створюватиметься єдина автоматизована система, яка інтегруватиме автоматизовані системи бойового управління, обчислювальну техніку, засоби зв'язку, радіоелектронної боротьби, розвідки, навігації та засоби вогневого ураження [Бовда, 2016; Климович, 2015; Лаврут, 2012, 2014]. Всі ці напрями ґрунтовно описано та проаналізовано, не є винятком і застосування ГНСС і ГІС.

Військові фахівці у світі розглядають навігаційне забезпечення як один з найважливіших видів бойового забезпечення, а навігаційну апаратуру – як одну з головних систем управління військами [Льясов, 2009; Попов, 2009; Fox, 2018]. Для прикладу, у США навігаційному забезпеченню надано третій ступінь за значущістю.

Сьогодні широко опрацьована термінологія ГІС, наявна значна кількість підходів до висвітлення самого визначення. Також значною мірою опрацьована термінологія, зв'язана з навігацією та навігаційними системами, проте безпосереднє визначення точності різними приладами і програмним забезпеченням достатньо не розкрито в літературі й потребує уточнення.

Опрацьовано також галузі застосування ГНСС і ГІС, зокрема визначено, що геопросторові дані застосовують для виконання розрахунків у різних галузях науки і техніки [Водяних, 2011; Гаврилов, 2010] як складові систем підтримки прийняття рішень (СППР)

чи інтелектуальних систем [Льясов, 2009, Климович, 2015]; відображення даних реалізується у цифровому вигляді з використанням стандартних чи спеціалізованих програмних засобів.

Проте література й інформація про особливості та точність визначення координат за допомогою ПАК “Кропива”, “Укроп”, “Artos” відсутня, а для “Базальт-М” потребує уточнення.

Метою статті є здійснення аналізу ГНСС і ГІС у військових підрозділах на прикладі ПАК “Кропива”, “Укроп”, “Artos” та “Базальт-М”, зокрема порівняння точності визначення координат приладами відносно каталогу координат геодезичних пунктів та списку координат пунктів спеціальних геодезичних мереж.

Виклад основного матеріалу

Системи космічної навігації дедалі ширше входять у життя людства. Навігаційна інформація, отримана апаратурою користувачів ГНСС, використовується у багатьох сферах діяльності людини, надаючи змогу визначення місцеположення та точного часу. Це дає можливість застосовувати супутникові навігаційні приймачі, прийняті на озброєння у підрозділах ракетних військ і артилерії, в інтересах топогеодезичної підготовки ведення бойових дій підрозділів ракетних військ і артилерії.

У загальному вигляді ГНСС – це комплексна електронно-технічна система, що складається із сукупності наземного та космічного обладнання та призначена для позиціонування (визначення місцеположення у просторовій системі координат), точного часу, а також параметрів руху (швидкості, напрямку руху тощо) для наземних, водних та повітряних об'єктів.

Архітектура ГНСС містить три головні підсистеми (сегменти):

- наземного контролю й управління (НКУ) – сегмент керування;
- сузір'я навігаційних космічних апаратів (НКА) – космічний сегмент;
- апаратури користувачів (АК) – сегмент користувача.

Підсистема НКУ складається із станцій стеження за супутниками, служби точного часу, головної станції з обчислювальним центром і станцій завантаження даних у космічні апарати.

Супутники проходять над станціями НКУ двічі на добу; на цих станціях обробляють інформацію про орбіти і прогнозують координати супутників. Ці та інші дані завантажують на борт кожного супутника.

Для нормальної роботи супутникових приймачів у будь-який час у будь-якій точці Землі підсистеми сузір'я навігаційних космічних апаратів НКА GPS і ГЛОНАСС повинні мати по 24 робочі супутники. (GPS – по чотири супутники в шести орбітальних

площинах, ГЛОНАСС – по вісім супутників у трьох орбітальних площинах).

Повністю розгорнута система GPS забезпечує глобальне покриття за допомогою 24 супутників, розташованих на шістьох орбітальних площинах на висоті 20180 км від Землі, з кутом нахилу 53°. Період обертання по орбіті – 12 годин. Діапазон частот – $1575,41 \pm 1$ МГц.

Повністю розгорнута система ГЛОНАСС забезпечує глобальне покриття за допомогою 24 супутників, розташованих на трьох орбітальних площинах на висоті 19 100 км з кутом нахилу 64,8°. Період обертання – 11 год 45 хв. Діапазон частот – $1602,5625 - 1615,5000 \pm 0,5$ МГц.

На кожному супутнику встановлено сонячні батареї живлення, двигуни коригування орбіт, по декілька еталонів частоти (часу), атомні годинники, апаратуру для приймання-передавання радіосигналів, бортові комп'ютери. У ГЛОНАСС, крім того, супутники обладнані відбивачами, а наземні станції стеження – лазерними віддалемірами.

Приймальні пристрої, що становлять підсистему апаратури користувача, дуже різноманітні за точністю, конструкціями і принципами вимірювання й оброблення сигналу. Вони призначені для безперервного визначення навігаційних параметрів за радіосигналами GPS та/або ГЛОНАСС, індикації навігаційних параметрів і видавання їх зовнішнім користувачам стандартним інтерфейсом. Разом із апаратурою супутника вони утворюють радіовіддалемір.

Принцип визначення місцеположення об'єкта на земній поверхні із використанням ГНСС оснований на вимірюванні віддалі від НКА до приймача супутникових сигналів і обчисленні за цими віддальми координат об'єкта (просторова засічка). Ці сфери є сукупністю точок, розташованих на виміряній віддалі до одного з супутників. Точки перетину сфер і визначають місцеположення антени апаратури користувача ГНСС.

З метою встановлення фактичної точності визначення прямокутних координат точок апаратурою СН 3003М “Базальт” в певних умовах проведено натурний експеримент. Суть експерименту полягала у визначенні прямокутних координат точки апаратурою СН 3003М “Базальт” за певних умов. Прямокутні координати цієї точки повинні бути визначені іншим методом (відомі) з точністю, вищою від роботи апаратури СН 3003М “Базальт”. Для цього здійснено вибірку з каталогу координат геодезичних пунктів М-35-ХІХ розділу Б пункту полігонометрії за каталогом № 209 “Газова башта” (рис. 1) у Львові (Стрийський парк).

209	Газовая, башня	(7)	25 240.8	86 193.1	376.2 верх башни
-----	----------------	-----	----------	----------	------------------------

Рис. 1. Витяг з каталогу координат

Центр пункту – шпиль башти. Оскільки встановити апаратуру СН 3003М “Базальт” над центром цієї башти неможливо (рис. 2), апаратурою здійснювали вимірювання діаметрально протилежних точок на однаковій відстані від центра башти (рис. 3). Усереднені прямокутні координати діаметрально протилежних пар приймали за вихідні, обчислювали їх і порівнювали з координатами геодезичного пункту № 209 з каталогу.

З метою підвищення достовірності та надійності вимірів, уникнення випадкових похибок визначення прямокутних координат діаметрально протилежних пар точок вимірювання здійснено тричі з інтервалом 15 хв. Обчислення виконано в офісній програмі Microsoft Office Excel (рис. 4).

За результатами вимірювань обчислено середньоквадратичні відхилення (СКВ) апаратури СН 3003М “Базальт” за таких умов:

- використано сузір'я супутників 4 GPS і 2 ГЛОНАСС, значення GDOP – 6,0, СКВ – 5,6 м для першого інтервалу вимірювань;

- використано сузір'я супутників 6 GPS і 3 ГЛОНАСС, GDOP – 5,1, СКВ – 4,9 м для другого інтервалу вимірювань;

- використано сузір'я супутників 6 GPS і 3 ГЛОНАСС, GDOP – 3,6, СКВ – 2,8 м для третього інтервалу вимірювань.

СКВ обчислено за формулою:

$$СКВ = \sqrt{\frac{\sum \Delta x^2 + \sum \Delta y^2}{n}},$$

де Δx^2 – сума квадратів відхилення виміряних значень x від каталожних; Δy^2 – сума квадратів відхилення виміряних значень y від каталожних.

На точність визначення координат впливає декілька чинників: по-перше – алгоритм роботи ПАК; по-друге – характеристика апаратного засобу, який визначає координати; по-третє – сприятливість умов спостереження (відкритість неба, альманах супутників у момент вимірювання, інші джерела похибок).

Під час проведення експерименту було визначено, що характеристика апаратного засобу, на який встановлене програмне забезпечення, безпосередньо впливає на швидкість визначення координат. Одночасно запустивши програми визначення координат (рис. 5, 6), виявили, що координати ПАК “Кропива” на телефоні Samsung A7 визначено протягом 3 с, аналогічним програмним забезпеченням на планшеті координати були визначені через 1,5 хв. Всі прилади, зображені на рис. 5, визначили координати через 1–3 хв після ввімкнення, за винятком телефону Samsung A7.

Отже, можна зробити висновок, що на швидкість визначення координат впливає не стільки програмне забезпечення, скільки апаратний засіб, на який встановлене ПЗ.

Увімкнувши усі прилади та програми, виконали три вимірювання на одній точці: перший – одразу після увімкнення, другий – через 15 хв, третій – через 30 хв. Це зроблено з метою перевірки впливу тривалості вимірювань на їх точність та визначення похибки від пункту Державної геодезичної мережі.

Порівняння вимірів та визначення відхилення від еталонних даних різним програмним забезпеченням показало, що відразу після увімкнення MilChat дає похибку - 3 м, “Базальт-М” - 9 м, Кропива - 15 м, “Artos” - 14 м, “Укроп” - 28 м.

Отже, найменша похибка відразу після увімкнення програмного забезпечення MilChat, проте потрібно врахувати, що “Кропива” надала на телефоні координати в 1–2 рази швидше від всіх інших приладів, без значного відхилення за точністю від інших програм.

Порівняння вимірів та визначення відхилення через 15 хв після увімкнення показало, що MilChat дає похибку 3 м, “Базальт-М” - 1 м, “Кропива” - 1,5 м, “Artos” - 3 м, “Укроп” – 22 м. Отже, MilChat продовжив індикацію даних з такою самою похибкою, “Базальт-М” покращив точність визначення координат з 9 м до 1 м, “Кропива” – з 15 м до 1,5 м, “Artos” – з 14 м до 3 м, а “Укроп” – з 28 м до 22 м. Всі прилади, працюючи на точці 15 хв, підвищили точність визначення координат, за винятком MilChat (табл. 1).

Через 30 хв після увімкнення MilChat дає похибку - 2,5 м, “Базальт-М” - 1 м, “Кропива” - 0,75 м, “Artos” - 3 м, “Укроп” - 20 м. Отже, MilChat, “Базальт-М” і “Artos” не змінили точності визначень, “Кропива” покращила точність до 0,75 м, а “Укроп” з 22 до 20 м.

Отже, частина приладів, які перебували на позиції, не покращили свої показники - “Базальт-М”, “Артос”. Тому, користуючись таким обладнанням, недоцільно перебувати на одній точці більше ніж 15 хв, оскільки результат не змінюється. Частина ж приладів дещо покращила показники - MilChat, “Кропива” “Мапа”, “Укроп” (рис. 6).

Проаналізувавши результати вимірювань, можна встановити залежність тривалості виконання вимірювань на точці й точності визначення координат. Проте через 30 хв показники вже не змінюються і залишаються стабільними, незважаючи на тривалість вимірів. Тому було продовжено вимірювання з фіксацією точності з інтервалами 45 хв, 1 год і 1 год 30 хв.

Отже, до 30 хв точність визначення координат змінюється, особливо помітні зміни у результатах після увімкнення (так званого “холодного старту”) порівняно із результатами через 30 хв роботи. З часом точність визначення координат зростає. Це зумовлено кількістю НКА, сигнали з яких приймач прийняв для роботи, і величиною G-DOP – фактором геометричного розташування робочого сузір’я супутників.

Порівняння точності визначення координат ПAK “MilChat” “Кропива”, “Укроп”, “Artos” і “Базальт-М”

за 30 хв перебування на позиції відображено на рис. 6. Найнижча точність у ПAK “Укроп” - 20 м, у “MilChat” і “Artos” СКВ становить 2,5 м і 3 м відповідно, найвища ж точність визначення координат у “Базальт-М” і “Кропива” – 1 м і 0,75 м відповідно.

Рис. 2. Пункт “Газова башта”

Рис. 3. Схема башти (зверху), з координатами точок, на яких здійснено вимірювання

[illegible]

Відразу після ввімкнення

[illegible]

Через 15 хвилин

			x (кат)	5525241							
			y (кат)	5286193							
x ₁	5525248	x ₂	5525237	x (вим) ₁	5525242,5	Δx	-1,5	Δx ₂	2,25	Δy ₂	9
y ₁	5286192	y ₂	5286200	y (вим) ₁	5286196	Δy	-3				
										скп	2,806243
x ₃	5525237	x ₄	5525242	x (вим) ₁	5525239,5	Δx	1,5	Δx ₂	2,25	Δy ₂	2,25
y ₃	5286205	y ₄	5286178	y (вим) ₁	5286191,5	Δy	1,5				
								ΣΔx ₂	4,5	ΣΔy ₂	11,3

Через 30 хвилин

Рис. 4. Обчислення у офісній програмі Microsoft Office Excel

Рис. 5. Визначення координат різними ГІС

Рис. 6. Точність визначення координат ГІС залежно від часових показників

Рис. 7. Точність визначення координат ГПС після 30 хв перебування на позиції, м

Отже, можна зробити висновок, що з розглянутих у роботі ПАК найвищу точність продемонстрували СН-3003М “База́льт-М” та “Кропива”.

Є велика кількість наукових праць, які стосуються джерел похибок GPS та їх впливу на точність визначення координат. Проте у цих наукових працях не досліджено питання подавлення GPS-сигналів військовими засобами РЕБ.

Під час дослідження перешкод, що можуть впливати на точність визначення координат, було зосереджено увагу на одній перешкоді – лініях електропередач. Встановлено, що лінії електропередач, якщо визначення координат здійснюється під ними, спричиняють додаткову похибку всіх приладів, використаних у дослідженні, від 3 до 6 м; високовольтні ж лінії електропередач у такому разі спричиняють додаткову похибку 20–50 м.

Отже, визначаючи координати, незалежно від приладу, доцільно перебувати якомога далі від ліній електропередач.

З цієї метою було проаналізовано можливість використання ГНСС у районах проведення ООС щодо питань приймання сигналів із супутників GPS і ГЛОНАСС на прикладі НАК СН-3003МН “База́льт-МН”.

Рис. 8. Визначення координат у зоні ООС

Таблиця 1

Дослідження точності визначення координат ПАК

“Холодний старт”								
Координати Еталонні (пункт ДГМ)					X	5525241		Похибка, м
					Y	5286193		
“MilChat”	X1	5525249	X2	5525227	X	5525238	3	3
	Y1	5286189	Y2	5286201	Y	5286195	–2	
“Базальт-М”	X1	5525217	X2	5525240	X	5525228,5	12,5	9
	Y1	5286181	Y2	5286195	Y	5286188	5	
“Кропива”	X1	5525251	X2	5525292	X	5525271,5	–30,5	15
	Y1	5286191	Y2	5286194	Y	5286192,5	0,5	
“Artos”;	X1	5525278	X2	5525240	X	5525259	–18	14
	Y1	5286201	Y2	5286200	Y	5286200,5	–7,5	
“Укроп”	X1	5525230	X2	5525208	X	5525219	22	28
	Y1	5286226	Y2	5286228	Y	5286227	–34	
Через 15 хв роботи								
“MilChat”	X1	5525252	X2	5525228	X	5525240	1	3
	Y1	5286195	Y2	5286201	Y	5286198	–5	
“Базальт-М”	X1	5525250	X2	5525236	X	5525243	–2	1
	Y1	5286190	Y2	5286200	Y	5286195	–2	

Продовження табл. 1

“Кропива”	X1	5525246	x2	5525231	X	5525238,5	2,5	1,5
	Y1	5286191	Y2	5286193	Y	5286192	1	
“Artos”	X1	5525235	x2	5525256	X	5525245,5	−4,5	3
	Y1	5286196	Y2	5286208	Y	5286202	−9	
“Укроп”	X1	5525240	X2	5525218	X	5525229	12	22
	Y1	5286225	Y2	5286227	Y	5286226	−33	
Через 30 хв роботи								
“MilChat”	X1	5525248	X2	5525234	X	5525241	0	2,5
	Y1	5286200	Y2	5286200	Y	5286200	−7	
“Базальт-М”	X1	5525248	X2	5525237	X	5525242,5	−1,5	1
	Y1	5286192	Y2	5286200	Y	5286196	−3	
“Кропива”	X1	5525247	X2	5525234	X	5525240,5	0,5	0,75
	Y1	5286189	Y2	5286194	Y	5286191,5	1,5	
“Artos”	X1	5525249	X2	5525264	X	5525256,5	−15,5	3
	Y1	5286196	Y2	5286205	Y	5286200,5	−7,5	
“Укроп”	X1	5525231	X2	5525207	X	5525219	22	20
	Y1	5286212	Y2	5286212	Y	5286212	−19	

Російські терористичні війська в районах проведення АТО, а потім ООС на Донбасі застосовували широкий арсенал комплексів РЕБ та РЕП, серед них такі:

- Р-330Ж “Житель”;
- Б-341В “Леер-3” (рос. РБ-341В “Леер-3”);
- 1РЛ257 “Красуха-4”;
- “Тирада-2”.

Усі ці станції призначені для встановлення перешкод і активної протидії засобам радіо- і GSM-зв'язку, РЛС-станцій, бортовим радарам БПЛА, сигналам GPS, для виведення з ладу супутників зв'язку тощо. Станції РЕБ і РЕП, як правило, працювали під час активної фази бойових дій, застосування наших БПЛА, їх дія була направленою.

Саме під час активних бойових дій (із застосуванням артилерійських мінометних підрозділів) на лінії зіткнення було виконано вимірювання НАК СН-3003МН “Базальт-МН”. В таких умовах апаратура була спроможна визначати координати і висоту об'єктів за сигналами як від супутників GPS, так і від супутників ГЛОНАСС (рис. 8). Існувала висока ймовірність роботи станцій РЕП і РЕБ противника у момент вимірювань, проте фактичного підтвердження цього немає.

Висновки

1. На основі проведених досліджень з'ясовано, що зовнішні фактори впливають на точність та час визначення координат ГНСС. Отримані результати задовольняють вимоги до топогеодезичної прив'язки позицій, постів і пунктів РВіА.

2. Істотне значення має відкритість небесної сфери. Якщо прилад працює в густозабудованих населених пунктах, в ущелині або в інших умовах, коли закрито небо, можлива нестабільна точність визначень. Вибираючи точку, координати якої визначати-

муться, командир повинен забезпечити максимальну відкритість небесної сфери та під час оцінювання точності визначення координат керуватися вирахованою приладом середньою помилкою.

3. Як показує досвід застосування РВіА для топогеодезичної прив'язки позицій, пунктів і постів у АТО і ООС перевага надається ГНСС та ПАК “Кропива”.

4. Також, ймовірно, робота ГНСС в районі проведення ООС можлива щодо питань радіоелектронного подавлення.

5. Аналіз ведення бойових дій довів гостру потребу підрозділів і штабів РВіА в сучасних єдиних або взаємосумісних засобах розвідки, автоматизованих системах управління збиранням та обробленням інформації.

6. Аналіз точності визначення координат показав, що найвищу точність продемонстрували СН-3003М “Базальт-М” та ПАК “Кропива”. Решта засобів відповідають вимогам щодо точності топогеодезичної прив'язки, але їхні результати дещо гірші порівняно із СН-3003М та ПАК “Кропива”.

7. Проаналізовано тривалість виконання вимірювань на точці. Після “холодного старту” протягом 30 хв апаратура змінювала результати вимірювань. Після 30 хв вимірювань результат уже був стабільним і не змінювався. Виконавши вимірювання різними геоінформаційними системами та визначивши відхилення від еталонних даних, ми встановили, що відразу після увімкнення “MilChat” дає похибку - 3 м, “Базальт М” - 9 м, “Кропива “МАПА” - 15 м, “Артос” - 14 м, “Укроп” - 28 м. Отже, найменша похибка відразу після увімкнення програмного забезпечення “MilChat”, проте потрібно врахувати, що “Кропива “Мапа” надала на телефон координати удвічі швидше від всіх

інших приладів, а точність істотно не відхилялась від інших програм.

7. Виконавши порівняння точності визначення координат програмним забезпеченням через 30 хв перебування на позиції, відзначимо, що найгірша точність у програмного забезпечення “Укроп” - 20 м, середня точність у “MilChat” і “Артос” 2,5 і 3 м відповідно, найкраща ж у “Базальт М” і “Кропива “Мапи” – 1 м і 0,75 м відповідно.

Література

- Бовда Є. М., Плугвий Ю. А., Рома В. А. (2016). Концептуальні основи синтезу автоматизованої системи управління зв'язком військового призначення. К.: ВІТІ, Вип. 1, С. 6–18.
- Бойко В. М., А Гаврилов. Б., Рондін Ю. П. (2012). Напрямки удосконалення організаційно-технічної основи системи забезпечення єдності навігаційно-часових вимірювань в Збройних силах України. *Метрологія та прилади*, Вип. 5, С. 59–64.
- Бойко В. М., Гаврилов А. Б., Рондін Ю. П. (2013). До питання технічного оснащення робочого місця з перевірки (атестації) супутникової навігаційної апаратури споживачів у ЗС України. *Метрологія та прилади*, № 1, С. 56–61.
- Водяних А. А., Тимчук В. Ю., Кондратюк І. О., Заруднев Д. І. (2011). Технічна характеристика навігаційної апаратури СН23003М “Базальт”. Академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного: *Військово-технічний збірник*, Вип. 1 (4), С. 198–205.
- Гаврилов А. Б., Красинський С. В. (2010). Деякі погляди на проблемні питання організації метрологічного забезпечення через призму метрологічної експертизи документації на озброєння та військову техніку, що розробляється (модернізується). Харківський університет Повітряних сил. *Системи озброєння і військова техніка*, Вип. 1 (21), С. 48–54.
- Ільясов О. А. (2009). Тенденції розвитку збройної боротьби у війнах четвертого–шостого поколінь. *Наука і оборона*, № 3, С. 43–49.
- Козелков С. В. (2008). Космічне навігаційне забезпечення як складова високої ефективності дій збройних сил. *Системи управління, навігації та зв'язку*, Вип. 4 (8), С. 4–8.
- Климович О. К. (2015). Застосування сучасних систем і комплексів зв'язку та автоматизації для потреб Збройних сил України під час проведення антитерористичної операції: Збірник наук. праць Харківського ун-ту Повітряних сил. Х.: ХУПС, Вип. 2 (43), С. 23–28.
- Коммуникации и сети. Телеком: специальный выпуск “Военная связь. Технологии, решения, проекты”. Киев, сентябрь 2016. 140 с.
- Лаврут О. О., Климович О. К., Лаврут Т. В. (2014). Перспективи розвитку автоматизованих систем управління тактичної ланки управління Сухопутних військ Збройних сил України. Системи обробки інформації. Х.: ХУПС, Вип. 5 (121), С. 116–120.
- Лаврут О. О. (2012). Метод управління потоками інформації у фрагменті мобільного компоненту перспективної системи зв'язку в надзвичайних ситуаціях, що змінюються. *Наука і техніка Повітряних сил Збройних сил України: наук.-техн., журнал*, № 1 (7), С. 94–101.
- Офіційний сайт Військового інституту телекомуніцій та інформатизації імені Героїв Крут. URL: www.viti.edu.ua/newspaper.
- Бондаренко Л. О., Плугова О. Б., Цимбал І. В., Черниш Ю. О. (2016). Основні інноваційні напрямки розвитку системи зв'язку Збройних сил України. *Збірник наук. праць ВІТІ. К.: ВІТІ*, Вип. 1, С. 19–24.
- Пашкевич І. Д., Гаврилов А. Б., Романько В. М. (2008). Актуальні метрологічні проблеми координатно-часового забезпечення Збройних сил України та шляхи їх вирішення. *Системи озброєння і військова техніка*, Вип. 2 (14), С. 64–67.
- Попов М., Серединін Є. (2009). Геоінформаційні системи та технології в завданнях оборони й національної безпеки. *Наука і оборона*, № 3, С. 49–58.
- Толубко В. Б., Козелков С. В. (2008). Тенденції використання космічного простору у сучасних умовах при вирішенні військових завдань. *Системи управління, навігації та зв'язку. К.: ЦНДІНУ*, Вип. 3 (7), С. 4–11.
- URL: http://rus.ruvr.ru/2013_11_14/Amerikanci2popali2v2navigacionnuju2lovushku20590/.
- Лаврут О. О., Климович О. К., Тарасюк М. Л., Антонюк О. Л. (2017). Стан та перспективи застосування сучасних технологій та засобів радіозв'язку в Збройних силах України. *Системи озброєння та військова техніка*, № 1 (49), С. 42–49.
- Черепков С. Т., Пашкевич І. Д., Юсов В. В., Шевкун С. М. (2010). Перспективи розвитку засобів метрологічного забезпечення апаратури користувачів супутникових радіонавігаційних систем. *Наука і оборона*, № 3, С. 43–48.
- Указ Президента України № 240/2016 Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 травня 2016 р. у “Про Стратегічний оборонний бюлетень України”. URL: <http://www.president.gov.ua/documents/2402016-20137>.
- Fox A., Volk C. The Role of NSD Tehnologies in Achiving Adventoge in Asimetrical Conflicts/ Northrop Grumman Corporation Navigations Systems into. URL: www.nsd.es.northropgrumman.com.]

T. KRAVETS¹, O. POLETS², A. SHCHERBA³

¹ Department of Artillery Reconnaissance Systems and Instruments, National Academy of Land Forces, 32, Heroiv Maidan str., Lviv, 79026, Ukraine, tel. 0974321406, ел. пошта taras-kravets@ukr.net

² Department of Artillery Reconnaissance Systems and Instruments, National Academy of Land Forces, 32, Heroiv Maidan str., Lviv, 79026, Ukraine

³ Department of Artillery Reconnaissance Systems and Instruments, National Academy of Land Forces, 32, Heroiv Maidan str., Lviv, 79026, Ukraine

ANALYSIS OF “KROPIVA”, “UKROP”, “ARTOS” AND “BASALT-M” APARATUS STANDARD DEVIATION RELATED TO THE CATALOG OF GEODETIC POINTS COORDINATES

The aim of the article is to present the results of global navigation satellite systems (GNSS) and geographic information systems (GIS) analysis in military units on the example of software and hardware system (computer appliance CA) “Kropyva”, “Ukrop”, “Artos” and “Basalt-M”, in particular comparison of coordinates determination accuracy by devices in relation to the catalog of geodetic points coordinates and the list of points coordinates of special geodetic networks. **Method.** The research was carried out on the basis of available literature sources analysis on this subject and practical application of CA “Kropyva”, “Ukrop”, “Artos” and “Basalt-M”, comparison of coordinates definition accuracy and development of recommendations on their basis. Experimental studies of coordinate determination with the help of software without obstacles that would interfere with the passage of satellite signal, and with obstacles, on the basis of which the conclusions are based. **Results.** Theoretical, methodical and practical problems of using CA “Kropyva”, “Ukrop”, “Artos” and “Basalt-M” in troops for coordinates determining have been studied. The tendencies and prospects of the studied CA are analyzed, taking into account the devices error in the coordinates determining and the expediency of their use for topographic and geodetic support of units. A thorough analysis of four tools for coordinates determining was compared and performed. The ways of satellite navigation systems application and geoinformation systems in military units are presented, on the example of CA “Kropyva”, “Ukrop”, “Artos” and “Basalt-M”. The main tasks are substantiated. Experimental researches of coordinates determining by different CA are carried out, different time intervals of comparisons the data with the catalog of geodetic points coordinates are received. **Scientific novelty.** The need for this study is due to the fact that although PJSC “Kropyva”, “Ukrop” and “Artos” are authorized for use in the Ukrainian Armed Forces, and “Basalt-M” is in service, or actively used in units, including the Area Joint Forces (JF) operations, but anyone did not performed comparison of coordinate accuracy and application recommendations. There are no scientific works in Ukraine that would relate to the coordinates determining accuracy of the devices in relation to the catalog of geodetic points coordinates of special geodetic boundaries. The main emphasis of the study is on the peculiarities of the use of CA. Their analysis and prospects in the military sphere are carried out. **Practical meaning.** Based on the analysis of “Kropyva”, “Ukrop”, “Artos” and “Basalt-M” apparatus standard deviation in relation to catalog of geodetic points coordinates, recommendations for the use of tactical level commanders have been developed. The temporal features of PAC application and their influence on the coordinate determining accuracy are singled out. The CA which is most expedient to apply is established. The results of the study are designed for unit commanders who can use them for more effectively performing of their combat missions.

Key words: geoinformation systems; geoinformation systems of military purpose; coordinates; software; geodetic point.

References

- Bovda E. M., Plow Yu. A., Roma V. A. (2016). Conceptual bases of synthesis of the automated communication control system of military purpose. K.: VITI, Iss. 1, 6–18.
- Boyko V. M., Gavrilov A. B., Rondin Yu. P. (2012). Directions for improving organizational-tech. *Metrologiya ta prilady*, Vip. 5, 59–64.
- Boyko V. M., Gavrilov A. B., Rondin Yu. P. (2013). On the issue of technical equipment of the workplace for verification (certification) of satellite navigation equipment of consumers in the Armed Forces of Ukraine. *Metrology and devices*, No. 1, 56–61.
- Vodyanykh A. A., Tymchuk V. Yu., Kondratyuk I. O., Zarudnev D. I. (2011). Technical characteristics of navigation equipment SN23003M “Basalt”. Academy of Land Forces named after Hetman Peter Sagaidachny: Military Technical collection, Vip. 1 (4), 198–205.

- Gavrilov A. B., Krasinsky S. V. (2010). Some views on the problematic issues of the organization of metrological support through the prism of metrological examination of documentation on weapons and military equipment being developed (modernized). *Kharkiv University of the Air Force. Weapons systems and military equipment, Vip. 1 (21)*, 48–54.
- Ilyasov O. A. (2009). Trends in the development of armed struggle in the wars of the fourth and sixth generations. *Science and Defense, No. 3*, 43–49.
- Kozelkov S. V. (2008). Space navigation support as component of high efficiency of the armed forces. *Control, navigation and communication systems, Vip. 4 (8)*, 4–8.
- Klymovych O. K. (2015). Application of modern systems and complexes of communication and automation for the needs of the Armed Forces of Ukraine during the anti-terrorist operation. *Collection of scientific works of Kharkiv University of the Air Force. H.: HUPS, Vip. 2 (43)*, 23–28.
- Communications and networks. Telecom: special issue “Military communication. Technologies, solutions, projects”. Kyiv, September 2016. 140 p.
- Lavrut O. O., Klymovych O. K., Lavrut T. B. (2014). Prospects for the development of automated control systems of the tactical link of the Land Forces of the Armed Forces of Ukraine. *Information processing systems. H.: HUPS, Vip. 5 (121)*, 116–120.
- Lavrut O. O. (2012). Method of information flow management in a fragment of the mobile component of a promising communication system in changing emergencies. *Science and Technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine: scientific and technical journal, No. 1 (7)*, 94–101.
- Official site of the Military Institute of Telecommunications and Informatization named after Heroes of Kruty [Electronic resource]. Access mode: www.viti.edu.ua/newspaper.
- Bondarenko L. O., Plugova O. B., Cymbal I. V., Chernysh Yu. O. (2016). The main innovative directions of development of the communication system of the Armed Forces of Ukraine. *Collection of scientific works of VITI. K.: VITI, Iss. 1*, 19–24.
- Pashkevych I. D., Gavrilov A. B., Romanko V. M. (2008). Actual metrological problems of coordinate time support of the Armed Forces of Ukraine and ways to solve them. *Weapons systems and military equipment, Vip. 2 (14)*, 64–67.
- Popov M., Seredin E. (2009). Geoinformation systems and technologies in the tasks of defense and national security. *Science and Defense, No. 3*, 49–58.
- Tolubko V. B., Kozelkov S. V. (2008). Tendencies of the use of outer space in modern conditions in solving military problems. *Control, navigation and communication systems. K.: ЦНДІНУ, 3 (7)*, 4–11.
- [Electronic resource]. Access mode: http://rus.ruvr.ru/2013_11_14/Amerikanci2popali2v2navigacionnuju2lovushku20590/.
- Lavrut O. O., Klymovych O. K., Tarasyuk M. I., Antonyuk O. L. (2017). Status and prospects of application of modern technologies and means of radio communication in the Armed Forces of Ukraine. *Weapons systems and military equipment, No. 1 (49)*, 42–49.
- Cherepkov S. T., Pashkevich I. D., Yusov V. V., Shevkun S. M. (2010). Prospects for the development of metrological equipment for users of satellite radio navigation systems. *Science and Defense, No. 3*, 43–48.
- Decree of the President of Ukraine No. 240 / 2016 On the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine of May 20, 2016 on “On the Strategic Defense Bulletin of Ukraine” [Electronic resource]. Access mode: <http://www.president.gov.ua/documents/2402016-20137>.
- Fox A., Volk C. The Role of NSD Technologies in Achieving Adventage in Asymmetric Conflicts / Northrop Grumman Corporation Navigations Systems into [www.nsd.es.northropgrumman.com].