

С.П. Ярош, М.С. Буданов, О.Ю. Гапонов, Ю.О. Флячок

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

ЗАСТОСУВАННЯ ГЛОБАЛЬНИХ СИСТЕМ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БОЙОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК

В статті розглядаються основи побудови та функціонування глобальних супутникових систем визначення місцеположення. Досліджується питання застосування апаратури даних систем на базових шасі вогневих засобів підрозділів зенітних ракетних військ для підвищення розвідувальних, вогневих і маневрених можливостей частин зенітних ракетних військ. Аналізується механізм впливу підвищення оперативності та точності визначення місцеположення рухомих об'єктів вогневих підрозділів зенітних ракетних військ на їх бойові можливості.

Ключові слова: бойові можливості, вогневі підрозділи, зенітні ракетні війська, супутник, навігація, глобальна система визначення місцеположення, точність.

Вступ

Постановка задачі. Глобальні супутникові системи дозволяють значно розширити можливості з управління в різних сферах діяльності. Це в першу чергу пов'язано з застосуванням їх для визначення та відстеження місця розташування рухомих об'єктів. Розвиток та розповсюдження сучасних систем супутникового моніторингу відбувається у напрямку підвищення достовірності та точності отримуваних навігаційних даних [10]. Використання засобів обробки навігаційних даних у складних моніторингових системах дозволяє зменшити обсяг інформації, що передається, та підвищити точність позиціонування. Фільтрація даних полягає у позбавленні від надлишкових даних, що не надають корисної інформації про стан рухомого об'єкту, а також у відсіві викидів, що призводять до спотворень даних [8].

Враховуючи, що зенітні ракетні війська є основою вогневою силою Повітряних Сил Збройних Сил України, дослідження можливості використання глобальних систем визначення місцеположення для підвищення бойових можливостей підрозділів і частин зенітних ракетних військ є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням впливу систем глобального позиціонування на бойові можливості військ присвячено багато джерел [1; 9; 12–13].

У [1] проведений аналіз впливу єдиного інформаційного простору на можливості угруповання ЗРВ щодо створення систем вогню, розвідки та управління, а також здійснення маневру підрозділами при організації зенітного ракетного прикриття. Сформульовано вимоги до характеристик засобів розвідки,

вогневих засобів і засобів управління як складових елементів структури системи зенітного ракетного прикриття, при створенні його в єдиному інформаційно-бойовому просторі. Однією з ключових вимог є можливість отримання даних на вогневих підрозділах ЗРВ від системи глобального позиціонування.

У [9] на основі аналізу існуючих навігаційних систем розглядаються шляхи створення автономної кореляційно-екстремальної системи навігації літальних апаратів військового призначення, що відповідає сучасним умовам ведення бойових дій і забезпечення безпеки польотів авіації.

У [12] проаналізовані нові та модернізовані види озброєння, застосовані Російською Федерацією в Сирії. Значна кількість цього нового й модернізованого озброєння та військової техніки має покращені тактико-технічні характеристики саме завдяки використанню апаратури російської глобальної системи позиціонування ГЛОНАСС.

У [13] проведено дослідження тактики застосування засобів повітряного нападу і використання нових інформаційних технологій в локальних війнах і військових конфліктах кінця XX початку XXI століття. В результаті аналізу операцій “Союзна сила” (Югославія, 1999 рік), “Нескорена свобода” (Афганістан, 2001 рік), “Іракська свобода” (Ірак, 2003 рік), “Одисея. Світанок” (Лівія, 2011 рік), зроблено висновок про зростання ролі систем керованої зброї (до 85 %), застосування яких ґрунтувалося на даних високої точності, одержуваних по каналах зв'язку в реальному масштабі часу від американської космічної радіонавігаційної системи NAVSTAR.

Отже, проведений аналіз публікацій дозволяє зробити висновок про те, що значення глобальних систем позиціонування в сучасних збройних конфліктах суттєво зросло. Це пов'язано, в першу чергу,

з підвищенням точнісних характеристик засобів пораження. Разом з цим, питанням застосування глобальних систем визначення місцеположення в інтересах частин і підрозділів ЗРВ, на наш погляд, приділяється недостатньо уваги.

Мета роботи. Дослідити можливість застосування глобальних систем визначення місцеположення для підвищення бойових можливостей зенітних ракетних військ.

Виклад основного матеріалу

Бурхливий розвиток науки й техніки в останні десятиліття дозволив створити принципово новий метод визначення координат – супутниковий. У цьому методі замість звичних геодезичних нерухомих пунктів геодезичної мережі з відомими координатами використовуються рухомі супутники, координати яких можна обчислити на будь-який момент часу, що цікавить споживача.

У цей час з чотирьох існуючих в світі супутникових систем визначення координат лише дві використовуються в повному обсязі: російська система ГЛОНАСС, що є аббревіатурою більш довгої й точної назви Глобальна навігаційна супутникова система й американська система NAVSTAR GPS (NAVigation System with Time And Ranging Global Positioning System (навігаційна система визначення

відстаней і часу, глобальна система позиціонування). У даному випадку під словом “позиціонування” мається на увазі визначення координат [2].

Обидві системи створювалися для вирішення військових завдань, але в останні роки знайшли широке застосування в геодезії, забезпечуючи винятково високі точності визначення перевищення координат із середньої квадратичною помилкою $5 \text{ мм} \times 10^{-6} \times D$ (D – відстань між пунктами в міліметрах). Координати ж одиночного приймача можуть бути визначені із середньої квадратичною помилкою від 10 м до 100 м.

Всю навігаційну супутникову систему визначення місця розташування прийнято ділити на три сегменти: космічний сегмент; сегмент контролю й управління; сегмент користувачів (приймачі супутникових сигналів).

Сучасна система ГЛОНАСС в повній комплектації складається з 24 діючих супутників й двох запасних (NAVSTAR GPS – 31 та 1 відповідно). Орбіти космічних апаратів (КА) практично кругові й розташовані в трьох орбітальних площинах для ГЛОНАСС (рис. 1) і в шести орбітальних площинах для NAVSTAR (рис. 2). Супутники оснащені сонячними батареями, які забезпечують енергією всі системи, у тому числі й під час проходження супутника в тіні Землі (рис. 3, рис. 4).

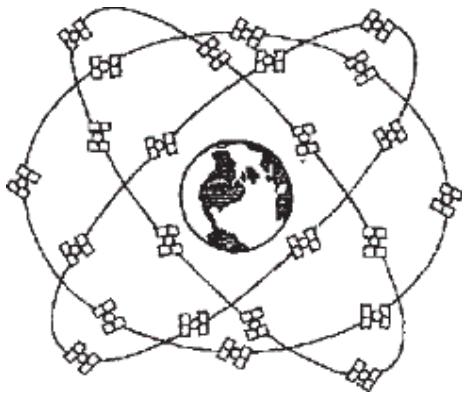


Рис. 1. Супутникова навігаційна система ГЛОНАСС

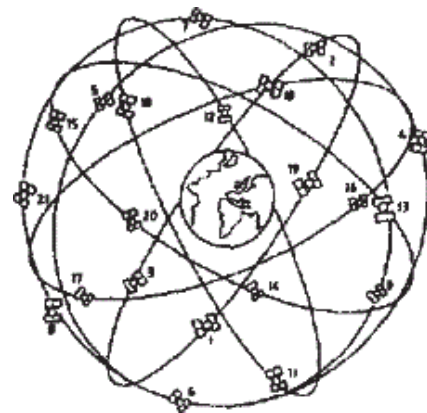


Рис. 2. Супутникова навігаційна система NAVSTAR GPS

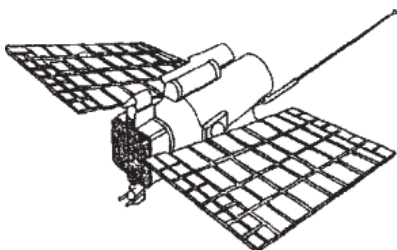


Рис. 3. Навігаційний супутник ГЛОНАСС

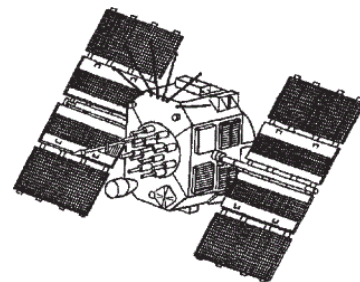


Рис. 4. Навігаційний супутник NAVSTAR GPS

Орбіти космічних апаратів системи ГЛОНАСС розташовані на геодезичній висоті, рівній 19 400 км, NAVSTAR – 20 180 км. Така кількість супутників й їхнє розташування забезпечує одночасний прийом сигналів як мінімум від чотирьох космічних апаратів у будь-якій частині Землі.

Потужність навігаційного сигналу, що випромінюється з супутників системи ГЛОНАСС, становить 316 – 500 Вт.

У NAVSTAR всі супутники рівномірно розташовані в шести орбітальних площинах. Період обігу супутників становить 12 годин зоряного часу, у зв'язку із чим кожен супутник з'являється в тім же місці щодня на 4 хвилини раніше вчорашнього положення. Електроенергією супутника забезпечують дві сонячні батареї площею $7,2 \text{ м}^2$ кожна, заряджаючи також акумулятори для забезпечення працездатності супутника під час його польоту в тіні Землі. Кожен супутник оснащений кварцовими стандартами частоти, двома цезієвими й двома рубідієвими, які підтримують стабільність годинників супутника в межах $1 \times 10^{-12} \div 1 \times 10^{-13}$. Цезієві й рубідієві стандарти частоти координують й управляють основною частотою – кварцовим стандартом частоти, що генерує 10,23 МГц. З основної частоти формують дві частоти діапазону частот з назвою L-діапазон.

$L1 = 10,23 \times 154 = 1\,575,42 \text{ МГц}$ (довжина хвилі 19,05 см),

$L2 = 10,23 \times 120 = 1\,227,60 \text{ МГц}$ (довжина хвилі 24,45 см).

Сигнали на цих двох частотах (названих несучими) через модулятори надходять на антену й передають на Землю інформацію. Інформація накладається на несучу частоту методом імпульсно-фазової модуляції.

На частотах L1 й L2 передаються навігаційні сигнали (коди), а також інша навігаційна й системна інформація.

У американській системі NAVSTAR GPS всі супутники випромінюють на двох однакових частотах L діапазону (L1 й L2), але кожен супутник випромінює свій особистий код (індивідуальна послідовність перемикавання фази на 180°), по якому ведеться розпізнавання супутників.

У російській системі ГЛОНАСС супутник випромінює на своїй частоті, а код загальний для всіх супутників. Російські супутники передають інформацію на двох частотах L1 й L2. Після 2011 року вони стали передавати сигнали додатково на частоті L3.

Враховуючи вимогу щодо необхідності вивчення противника з метою організації та здійснення ефективної протидії йому в статті більше уваги приділимо саме російській системі ГЛОНАСС.

У табл. 1 наведені характеристики космічних апаратів системи ГЛОНАСС.

Наземний сегмент системи ГЛОНАСС складається з таких взаємозалежних стаціонарних елементів: центр управління системою; контрольні станції; командна станція спостереження; квантово-оптичні станції та інші станції спостереження за роботою бортових пристроїв космічних апаратів.

На рис. 5 показана схема розташування станцій наземного сегмента системи ГЛОНАСС.

Всі станції системи NAVSTAR GPS розташовані уздовж екватора.

Станції спостереження приймають сигнали від усіх космічних апаратів, які над ними знаходяться, обчислюють відстані до супутників, вимірюють місцеві метеорологічні параметри й видають інформацію на головну станцію контролю.

На головній станції контролю обробляють всю вхідну інформацію, обчислюють і прогнозують ефемериди супутників і коригування в їх годинники, формують навігаційні повідомлення супутника.

Ефемерида – координати штучних супутників землі, які використовуються для навігації [4].

Наземні антени передають на космічний апарат навігаційне повідомлення, сформоване на головній станції спостереження. Наземні передавальні антени розташовані так, що кожен супутник щодня має принаймні три сеанси зв'язку із системою спостереження. Схема відновлення бортових ефемерид супутників наведена на рис. 6.

Помилка навігаційних визначень ГЛОНАСС за широтою та довготою становить 3 – 6 м при використанні 7 – 8 КА. В той же час, помилки NAVSTAR складають 2 – 4 м при використанні в середньому 6 – 11 КА. При одночасному використанні обох космічних систем відбувається суттєвий приріст точності вимірювань координат.

Ще однією навігаційною системою, яка діє на території Євросоюзу, у розробці та запуску якої до експлуатації бере участь Україна, є супутникова система навігації “Galileo”. Запланована кількість супутників – 30 (30 операційних і шість резервних).

Супутники “Galileo” виводяться на три кругові геоцентричні орбіти висотою 23 222 км. На кожній з орбіт при повному розгортанні системи буде знаходитися 8 діючих і 2 резервних КА.

Завдяки доступу до точного сигналу в двох частотних діапазонах користувачі “Galileo” отримують інформацію про своє місцезнаходження з точністю 4 м горизонтальній площині та 8 м у вертикальній з довірчою ймовірністю 0,95. Застосування європейського додатку EGNOS (40 наземних приймачів і 3 геостаціонарних супутника) підвищує точність до 1 м, а в спеціальних режимах вона буде доведена до 10 см. Наземні приймачі системи приймають GPS сигнали коригують їх точність і передають на свої супутники, від яких користувачі приймають сигнали через спеціальні приймачі або через Інтернет.

Таблиця 1

Характеристики космічних апаратів системи ГЛОНАСС

Найменування характеристики	Значення характеристики для конкретного типу космічного апарату			
	ГЛОНАСС	ГЛОНАСС-М	ГЛОНАСС-К	ГЛОНАСС-К2
Роки розгортання	1982 – 2005	2003 – 2016	2011 – 2018	після 2019
Стан	Виведення із експлуатації	В експлуатації	У розвитку	У розвитку
Засоби виведення на орбіту		РН “Союз-2.1б”, РН “Протон-М”		
Гарантований термін активного існування	3,5 роки	7 років	10 років	10 років
Маса КА, кг	1 500	1 415	935	1 600
Габарити КА, м		2,71×3,05×2,71	2,53×3,01×1,43	2,53×6,01×1,43
Енергоживлення, Вт		1 400	1 270	4 370
Тип виконання КА	герметизований	герметизований	негерметизований	негерметизований
Добова нестабільність БСП, у співвідношенні з ТЗ / фактична	$5 \times 10^{-13} / 1 \times 10^{-13}$	$1 \times 10^{-13} / 5 \times 10^{-14}$	$1 \times 10^{-13} / 5 \times 10^{-14}$	$1 \times 10^{-14} / 5 \times 10^{-15}$
Тип сигналів	FDMA	переважно FDMA (CDMA на КА 755-761)	FDMA і CDMA	FDMA і CDMA
Сигнали з відкритим доступом (для сигналів FDMA приведено значення центральної частоти)	L1OF (1 602 МГц)	L1OF (1 602 МГц) L2OF (1 246 МГц) від № 755: L3OC (1 202 МГц)	L1OF (1 602 МГц) L2OF (1 246 МГц) L3OC (1 202 МГц) від № 17Л: L2OC (1 248 МГц)	L1OF (1 602 МГц) L2OF (1 246 МГц) L1OC (1 600 МГц) L2OC (1 248 МГц) L3OC (1 202 МГц)
Сигнали з санкціонованим доступом	L1SF (1 592 МГц) L2SF (1 237 МГц)	L1SF (1 592 МГц) L2SF (1 237 МГц)	L1SF (1 592 МГц) L2SF (1 237 МГц) від № 17Л: L2SC (1 248 МГц)	L1SF (1 592 МГц) L2SF (1 237 МГц) L1SC (1 600 МГц) L2SC (1 248 МГц)
Наявність між супутникових ліній зв'язку:				
радіо	–	+	+	+
оптична	–	–	–	+
Наявність системи пошуку і спасіння	–	–	+	+

БСП – бортовий синхронізуючий пристрій; ТЗ – технічне завдання



Рис. 5. Розміщення станцій контролю й управління системи ГЛОНАСС: ЦУС – центр управління системою ГЛОНАСС; ЦС – центральний синхронізатор; КС – контрольна станція; СКФ – система контролю фаз; КОС – квантово-оптична станція; АКП – апаратура контролю простору; КСС – контрольна станція спостереження



Рис. 6. Схема вимірювання, прогнозування й відновлення ефемерид супутника

Розрахунковий термін експлуатації космічного апарату системи “Galileo” перевищує 12 років.

На теперішній час на орбітах розгорнуті та діють 23 штучних супутника.

Апаратура споживачів супутникової навігації, як в автономному використанні, так і в комплекті з іншими системами навігації (інерціальними, доплерівськими та ін.) займає провідне місце в світі на ринку споживачів навігаційної інформації, оскільки напрямки застосування сучасних навігаційних систем майже безмежні як в народному господарстві, так і у військовій справі.

Розглянемо можливий вплив використання глобальних систем визначення місцеположення на бойові можливості ЗРВ у випадку розташування зазначеної апаратури на шасі базових машин.

Під бойовими можливостями частин і підрозділів зенітних ракетних військ розуміється здатність виконати бойове завдання щодо прикриття об'єктів і військ від ударів з повітря в різних умовах обстановки [3].

Бойові можливості ЗРВ складаються з: розвідувальних можливостей; можливостей з переходу в готовність № 1; вогневих можливостей; маневрених можливостей; можливостей з прикриття; можливостей з накопичення ракет.

На деякі з цих можливостей наявність глобальних системи визначення місцеположення не впливає (можливості з переходу в готовність № 1, можливості з прикриття та можливості з накопичення ракет). На кожну з них впливає ціла низка інших факторів.

Разом з цим на розвідувальні, вогневі та маневрені можливості частин і підрозділів ЗРВ використання глобальних систем визначення місцеположення впливає по різному.

Розглянемо механізм даного впливу на кожну із зазначених можливостей. Це можливо зробити

проаналізувавши часткові показники, що їх характеризують (табл. 2).

В ЗРВ для визначення координат рухомих об'єктів в основному використовуються топоприв'язчик 1Т12-2М і танкова навігаційна апаратура ТНА-3, ТНА-4. Топоприв'язчик 1Т12-2М при визначенні координат дає погрішність 0,5 % від основного датчика та 0,6 % від додаткового при швидкості 20 км/год [11]. При здійсненні маневру на відстань 10 км погрішність визначення координат становитиме близько 50 м. Якщо швидкість руху буде близько 40 км/год, то величина погрішності зросте. Танкова навігаційна апаратура ТНА-3, ТНА-4 дає погрішність близько 1 % на годину руху [5]. При здійсненні маневру на відстань 10 км погрішність визначення координат становитиме близько 100 м. Побутові системи супутникового позиціонування дають погрішність близько 10 м. Військові системи супутникової навігації, у випадку наявності угоди про військову співпрацю з країною власницею супутникової навігаційної системи, можуть забезпечити для ЗС України точність визначення координат рухомих об'єктів до 1 м [6; 10; 14].

Враховуючи, що одна географічна секунда широти відповідає 30 м, а одна географічна секунда довготи в межах кордонів України – 20 – 21 м, помилка в 100 м відповідає одночасній помилці по широті та довготі близько трьох секунд. Ілюстрація наслідків такої помилки при виборі позиції вогневого підрозділу ЗРВ середньої дальності наведена на рис. 7. Як видно із рисунку, навіть така, на перший погляд незначна помилка в координатах при виборі позиції, зменшує розміри реалізованих зон виявлення та поразення вогневого підрозділу ЗРВ, у певних азимутальних напрямках вони взагалі відсутні, що, в свою чергу, зменшує розвідувальні та вогневі можливості підрозділу.

Таблиця 2

Аналіз впливу використання глобальної системи визначення місцеположення на бойові можливості частин і підрозділів ЗРВ

Вид бойових можливостей	Частковий показник	Ступінь впливу, що прогнозується
Розвідувальні можливості	Величина реалізованої зони виявлення	Впливатиме
	Висоти та швидкості польоту цілі, за яких забезпечується реалізація дальньої межі зони поразення ЗРК (ЗРС)	Впливатиме
	Кількість цілей, що одночасно обробляються штатними засобами розвідки	Не впливатиме
Вогневі можливості	Величина реалізованої зони поразення	Впливатиме
	Кількість стрільб ($N_{стр}$)	Впливатиме
	Ефективність стрільби (P_n)	Не впливатиме
	Час циклу стрільби ($T_{ц}$)	Впливатиме
Маневрені можливості	Час переведення підрозділів з бойового положення в похідне ($t_{згор}$)	Не впливатиме
	Здійснення маршу на певну відстань ($t_{марш}$)	Впливатиме
	Час на зайняття позиції ($t_{зан}$)	Впливатиме
	Час переведення підрозділів з похідного положення в бойове у новому районі ($t_{роз}$)	Не впливатиме

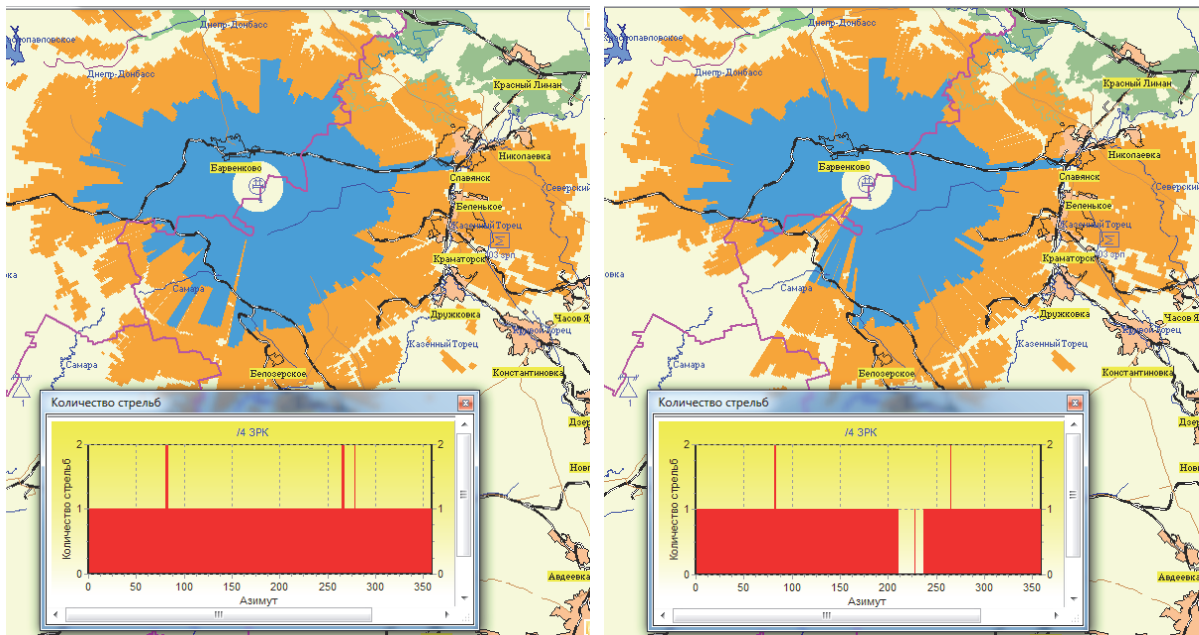


Рис. 7. Ілюстрація впливу точності визначення координат позиції зрдн середньої дальності на реалізацію зон виявлення та поразення, кількості стрільб ($V_{ц} = 300$ м/с, $H_{ц} = 100$ м)

Висоти і швидкість польоту цілей, за яких забезпечується централізоване управління вогнем дивізіонів зенітної ракетної частини, визначаються шляхом порівняння реалізованих рубежів видачі бойової інформації з потрібними рубежами отримання бойової інформації (для тієї ж висоти або діапазону висот) на командному пункті (КП) частини ЗРВ. Для висот менше 1 000 м (без урахування значення висоти) розрахунок потрібного рубежу отримання бойової інформації ($d_{потр.БІ}$) для забезпечення централізованого управління з КП частини ЗРВ здійснюється за формулою [3]:

$$d_{потр.БІ} = d_0 + V_{ц}(t_{КП} + t_{роб} + t_{р.д}), \quad (1)$$

де d_0 – горизонтальна дальність до дальньої межі зони поразення дивізіону; $V_{ц}$ – розрахункова швидкість польоту цілей для даної (заданої) висоти відповідно; $t_{КП}$ – робітний час КП бригади (полку); $t_{роб}$ – робітний час дивізіону; $t_{р.д}$ – польотний час ракети на дальню межу зони поразення для даної висоти польоту цілі.

Якщо здійснювати розрахунки з використанням можливостей сучасних геоінформаційних систем, то для підвищення адекватності отриманих

результатів можливо використовувати в формулі (1) за горизонтальну дальність дальньої межі зони поразення (d_d) реалізовану горизонтальну дальність дальньої межі зони поразення ($d_{d,реал}$). Як було показано вище, значення даного показника, а отже і пов'язаного з ним часу польоту ракети на дальню межу зони поразення, залежить від точності визначення координат та заняття позиції вогневим підрозділом. Отже, застосування глобальних системи визначення місцеположення може підвищити значення даного часткового показника розвідувальних можливостей.

Для визначення впливу наявності на засобах рухомості вогневих підрозділів ЗРВ апаратури глобальних системи визначення місцеположення на такий частковий показник як кількість стрільб проаналізуємо його складові. Для спрощення розглянемо формулу для кількості стрільб за тривалістю удару для одноканального вогневого підрозділу [3]

$$N_{cmp} = 1 + ent \left(\frac{t_{yd} + t_{np}}{T_{ц.сеп}} \right), \quad (2)$$

де t_{yd} – тривалість повітряного удару; t_{np} – час перебування ЗПН у зоні пуску вогневого підрозділу ЗРВ; $T_{ц.сеп}$ – середня тривалість циклу стрільби вогневого підрозділу ЗРВ при обстрілі ЗПН.

$$t_{np} = \frac{d_d - d_{бл}}{V_{ц.сеп}} \left(1 + \frac{V_{ц.сеп}}{V_{р.сеп}} \right), \quad (3)$$

де d_d , $d_{бл}$ – горизонтальна відстань до дальньої та ближньої меж зони поразення вогневого підрозділу, при нульовому параметрі цілі.

Середня тривалість циклу стрільби вогневого підрозділу ЗРВ при обстрілі ЗПН розраховується за формулою [3]

$$T_{ц.сеп} = t_{ЦВ} + t_{роб} + \tau(n-1) + \frac{t_{р.д} + t_{р.бл}}{2} + t_{оц}, \quad (4)$$

де $t_{ЦВ}$ – час передачі цілевказання на вогневий підрозділ; τ – інтервал між пусками ракет при обстрілі цілі чергою ракет; n – кількість ракет в черзі; $t_{р.д}$, $t_{р.бл}$ – час польоту ракети до дальньої та ближньої меж зони поразення вогневого підрозділу, при нульовому параметрі цілі відповідно; $t_{оц}$ – час оцінки результатів стрільби.

У наведені формули входять дальності до дальньої та ближньої меж зони поразення вогневого підрозділу (формула (3)) та час польоту ракети до дальньої та ближньої меж зони поразення (формула (4)). Як було показано вище, наявність глобальних систем визначення місцеположення може вплинути на зміну значення даних перемінних, і, як наслідок на кількість проведених стрільб вогневим підрозділом. При оцінюванні маневрених можливостей зенітних ракетних підрозділів проаналізуємо два показника: час здійснення маршруту на певну відстань і час заняття позиції, які входять до формули часу манев-

ру – узагальненого показника маневрених можливостей [3]

$$t_{ман} = t_{згорт} + t_{марш} + t_{зан} + t_{розг}, \quad (5)$$

де $t_{згорт}$ – час згортання підрозділу; $t_{марш}$ – час здійснення маршруту; $t_{зан}$ – час на заняття позиції; $t_{розг}$ – час розгортання на новій позиції.

При цьому слід, на наш погляд, розрізняти дві ситуації. Перша ситуація коли маневр здійснюється в місцевості, яка командиром частини (підрозділу) знайома, на ній був визначений позиційний район у якому обрані позиції, проведена рекогносцировка цих позицій та шляхів маневру між ними. В цьому випадку штатні засоби навігації (топоприв'язчик і ТНА) безумовно задовольняють вимоги щодо оперативності проведення маневру в системі завчасно обраних в позиційному районі позицій.

Інша ситуація коли місцевість невідома. В цьому випадку наявність на рухомих засобах апаратури глобальних системи визначення місцеположення може суттєво покращити маневрені можливості підрозділів. Механізм цього покращення полягає у тому, що в невідомій місцевості саме GPS-навігатори можуть дозволити рухатися з більш високою швидкістю завчасно знаючи де знаходиться, наприклад, з'їзд з дороги або, яким чином можливо об'їхати перешкоди на шляху до позиції по найбільш короткому маршруту.

Крім того, якщо передбачити використання на КП частини апаратури моніторингу руху рухомих об'єктів, яка функціонує на основі геоінформаційної системи, у якій реалізовані прикладні програми визначення розмірів зон виявлення та поразення вогневих підрозділів ЗРВ (рис. 8), то з'являється можливість у кожній точці маршруту знати потенційно можливу реалізацію вогневих можливостей підрозділу ЗРВ, що дозволить значно підвищити оперативність прийняття рішення на організацію зенітного ракетного прикриття об'єктів і військ [7]. Реалізація даної пропозиції може бути особливо корисна в умовах проведення операції Об'єднаних сил, враховуючи значну кількість та часту зміну позицій підрозділів ЗРВ відповідно до обстановки, що швидко змінюється.

Що стосується недоліків використання будь-якої радіонавігаційної системи, то загальним з них є те, що за певних умов сигнал може не доходити до приймача, або приходити зі значними викривленнями або затримками. Наприклад, практично неможливо визначити точне місцезнаходження об'єкту усередині залізобетонного будинку, у підвалі або в тунелі навіть професійними геодезичними приймачами. Тому що робоча частота GPS лежить у дециметровому діапазоні радіохвиль, рівень сигналу від супутників може серйозно знизитися під щільним листям дерев або через дуже велику хмарність.

Нормальному прийманню сигналів GPS можуть зашкодити завади від багатьох наземних радіоджерел, а також (у рідких випадках) від магнітних бур або навмисно створювані засобами радіоелектронної боротьби. Постановка завдань приймачам GPS-сигналів ефективно використовувалася для

боротьби із засобами наведення крилатих ракет під час операцій США й Великобританії в Іраку, а також “Союзницької сили” НАТО в Союзній Республіці Югославії. Це приводило до самоліквідації крилатих ракет, а також до позаштатного їхнього польоту по несанкціонованій траєкторії.

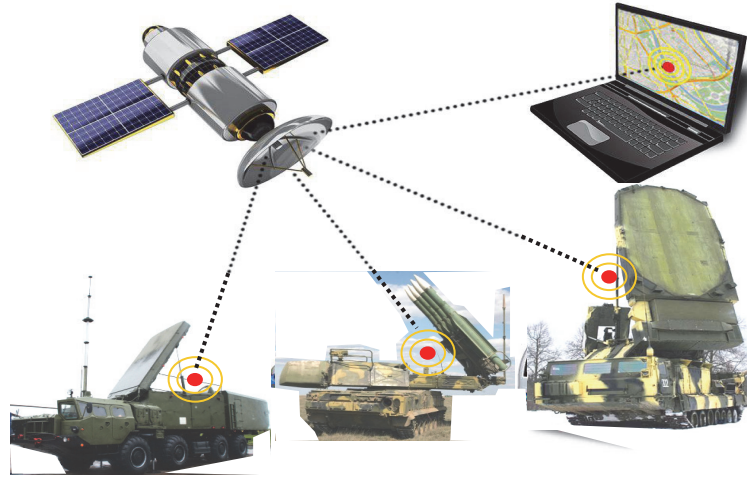


Рис. 8. Схема використання системи глобального позиціонування в інтересах ЗРВ

Успішним є і досвід застосування засобів радіоелектронної боротьби Повітряно-космічними силами Російської Федерації для боротьби з ударними безпілотними літальними апаратами (БЛА) в ході прикриття авіабази Хмеймім в Сирійській арабській республіці.

Здійснювалося перехоплення сигналу навігаційних систем і підміна його на хибний, внаслідок чого БЛА примушували здійснювати посадку в визначеному місці без скидання засобів поразення.

Висновки

1. Дослідили можливість застосування глобальних систем визначення місцеположення для підвищення бойових можливостей зенітних ракетних військ.

2. Використання сучасних навігаційних систем у зенітних ракетних військах Повітряних Сил Збройних Сил України може підвищити бойові можливості частин і підрозділів ЗРВ (розвідувальні, вогневі, маневрені).

3. Пропонується використовувати на шасі базових машин вогневих підрозділів ЗРВ (у підрозділах середньої дальності – радіолокатор підсвіту та наведення, у підрозділах малої дальності – самохідні та пускозаряджаючі установки) GPS-трекери, а на командних пунктах частин ЗРВ станції моніторингу розробленим відповідним програмним забезпеченням на основі існуючих геоінформаційних систем військового призначення, які дозволяють оцінювати розвідувальні, вогневі та маневрені можливості підрозділів ЗРВ.

4. Враховуючи сферу застосування, приймачі навігаційних сигналів, які будуть встановлюватися на рухомі військові об’єкти для підвищення точності, забезпечення надійності та безперервності визначення місцеположення об’єктів мають бути спроможні працювати з двома навігаційними системами NAVSTAR (США) та “Galileo” (ЄС).

5. Одним із найважливіших питань, яке необхідно дослідити, є забезпечення надійних завадозахищених каналів зв’язку між рухомими об’єктами та КП частин ЗРВ.

Список літератури

1. Галушко Ю.І. Особливості організації інформаційного забезпечення підрозділів ЗРВ при веденні бойових дій в єдиному інформаційному просторі / Ю.І. Галушко, А.С. Дудуш, Ю.М. Седишев // Системи озброєння і військова техніка. – 2012. – № 1(29). – С. 12-16.

2. Глонасс. Принципы построения и функционирования. Изд. 3-е / под ред. А.И. Перова, В.И. Харисова. – М.: Радиотехника, 2005. – 688 с.

3. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник та ін. – К.: МО України, 2003. – 368 с.
4. Зенітний ракетний комплекс “Бук-М1” / А.М. Алімпієв, О.Д. Флоров, М.Ф. Пічугін та ін. / за заг. ред. О.Д. Флорова. – Х.: ХНУПС, 2017. – 404 с.
5. Конин В.В. Системы спутниковой радионавигации / В.В. Конин, В.П. Харченко. – К.: Холтех, 2010. – 520 с.
6. Руководство по усовершенствованным системам управления наземным движением и контроля за ним (А-SMGCS). – ИКАО. – (Doc 9830). – 2004. – 100 с.
7. Соловьев Ю.А. Спутниковая навигация и ее приложения / Ю.А. Соловьев. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2003. – 326 с.
8. Сотников А.М. Проблемы и перспективы развития навигационного обеспечения летательных аппаратов / А.М. Сотников, В.А. Таршин // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2013. – № 3(36). – С. 68-74.
9. Сушич О.П. Прогнозування похибок позиціонування супутникових навігаційних систем / О.П. Сушич // Проблеми інформатизації та управління: Збірник наукових праць національного авіаційного університету. – 2005. – № 13. – С. 90-94.
10. Топопривязчик 1Т12-2М. Техническое описание, инструкция по эксплуатации. – М.: Воениздат, 1987. – 259 с.
11. Ярош С.П. Аналіз операції угруповання збройних сил Російської Федерації у Сирійській Арабській Республіці / С.П. Ярош // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 2(23). – С. 13-22.
12. Ярош С.П. Теоретичні основи побудови та застосування розвідувально-управляючих інформаційних систем протиповітряної оборони: монографія / за ред. І.О. Кириченка. – Х.: ХУПС, 2012. – 512 с.
13. Parkinson B.W. Global Position System: Theory and Application / B.W. Parkinson, Jr.J. Spilker. – Washington: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1996. – 793 p.

References

1. Halushko, Yu.I., Dudush, A.S. and Sedyshev, Yu.M. (2012), “Osoblyvosti orhanizatsii informatsiinoho zabezpechennia pidrozdiliv SAM troops pry vedenni boiovykh dii v yedynomu informatsiinomu prostori” [Features of the organization of information provision of ZRV units in the conduct of hostilities in a single information space], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 1(29), pp. 12-16.
2. Petrov, A. and Harisov, V. (2005), “Glonass. Principy postroeniya i funkcionirovaniya. Izd. 3-e” [Glonass. Principles of construction and functions. Ed. 3.], Radiotechnics, Moscow, 688 p.
3. Toropchin, A., Romanenko, I. and Danik, Y. (2003), “Dovidnik z protipovitryanoi oboroni” [Directory of Air Defends], Ministry of Defence of Ukraine, Kyiv, 368 p.
4. Alimpiev, A., Florov, O. and Pichugin, M. (2017), “Zenitnij raketnij kompleks Buk-M1” [Surface to air complexes Buk-M1], KNAFU, Kharkiv, 404 p.
5. Konin, V. and Harchenko, V. (2010), “Sistemy sputnikovoj radionavigacii” [Satellite navigation systems], Holteh, Kyiv, 520 p.
6. (2004), “Rukovodstvo po usovershenstvovannym sistemam upravleniya nazemnym dvizheniem i kontrolya za nim” [Guide to Advanced Land Traffic Control and Control Systems], (Doc 9830), ICAO, 100 p.
7. Soloviov, Y.A. (2003), “Sputnikovaya navigaciya i ee prilozheniya” [Satellite navigation and their applications], EKO-TRENDZ, Moscow, 326 p.
8. Sotnikov, A.M. and Tarshin, A.M. (2013), “Problemy i perspektivy razvitiya navigacionnogo obespecheniya letatel'nyh apparatov” [Problems and prospects for the development of navigation support aircraft], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 3(36), pp. 68-74.
9. Sushich, O.P. (2005), “Prognozuvannya pohibok pozicivuvannya sputnikovih navigacijnih sistem” [Forecasting of positioning errors of satellite navigation system], *Problems of informatization and operation, Collection of Scientific Works*, pp. 90-94.
10. (1987), “Topopyazychik 1T12-2M Tekhnicheskoe opisanie, instrukciya po ekspluatacii” [Topopyazychik 1T12-2M Technical description, instruction manual], Voennoe izdatelstvo, Moscow, 259 p.
11. Yarosh, S.P. (2016), “Analiz operaciyi ugrupovannya zbrojnih sil Rosijskoyi Federaciyi u Sirijskij Arabs'kij Respublici” [Analysis operation of the group armed forces of the Russian Federation in the Syrian Arab Republic], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, pp. 13-22.
12. Yarosh, S.P. (2012), “Teoretichni osnovi pobudovi ta zastosuvannya rozviduval'no-upravlyayuchih informacijnih sistem protipovitryanoi oboroni” [Theoretical bases of construction and application of intelligence-operating information systems of air defense], KNAFU, Kharkiv, 512 p.
13. Parkinson, B.W. and Spilker, Jr.J. (1996), *Global Position System: Theory and Application*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Washington, 793 p.

Надійшла до редколегії 18.04.2019

Схвалена до друку 21.05.2019

Відомості про авторів:

Ярош Сергій Петрович

доктор військових наук професор начальник кафедри
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба.
Харків, Україна,
<https://orcid.org/0000-0002-5208-9372>

Information about the authors:

Serhii Yarosh

Doctor of Military Sciences Professor Head of Department
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5208-9372>

Буданов Микита Сергійович

бакалавр
курсант Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна,
<https://orcid.org/0000-0002-7202-6635>

Mykyta Budanov

Bachelor
Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-7202-6635>

Гапонов Олександр Юрійович

бакалавр
курсант Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна,
<https://orcid.org/0000-0001-5117-8317>

Oleksander Gaponov

Bachelor
Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5117-8317>

Флячок Юрій Олександрович

бакалавр
курсант Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна,
<https://orcid.org/0000-0002-0330-3918>

Yurii Fliachok

Bachelor
Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0330-3918>

**ПРИМЕНЕНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БОЕВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ ВОЙСК**

С.П. Ярош, Н.С. Буданов, А.Ю. Гапонов, Ю.А. Флячок

В статье рассматриваются основы построения и функционирования глобальных спутниковых систем определения местоположения. Исследуются вопросы применения аппаратуры данных систем на базовых шасси огневых средств подразделений зенитных ракетных войск для повышения разведывательных, огневых и маневренных возможностей частей зенитных ракетных войск. Анализируется механизм влияния повышения оперативности и точности определения местоположения подвижных объектов огневых подразделений зенитных ракетных войск на их боевые возможности. В статье исследована возможность применения глобальных систем определения местоположения для повышения боевых возможностей зенитных ракетных войск. Использование современных навигационных систем в зенитных ракетных войсках Воздушных Сил Вооруженных Сил Украины может повысить боевые возможности частей и подразделений ЗРВ (разведывательные, огневые, маневренные). Предлагается использовать на шасси базовых машин огневых подразделений ЗРВ (в подразделениях средней дальности - радиолокатор подсвета и наведения, в подразделениях малой дальности - самоходные и пускозаряжающие установки) GPS-трекеры, а на командных пунктах частей ЗРВ станции мониторинга с разработанным соответствующим программным обеспечением на основе существующих геоинформационных систем военного назначения, которые позволяют оценивать разведывательные, огневые и маневренные возможности подразделений ЗРВ. Учитывая сферу применения, приемники навигационных сигналов, которые будут устанавливаться на подвижные военные объекты для повышения точности, обеспечения надежности и непрерывности определения местоположения объектов должны быть способны работать с двумя навигационными системами NAVSTAR (США) и "Galileo" (ЕС). Одним из важнейших вопросов, которое необходимо исследовать, является обеспечение надежных помехозащищенных каналов связи между подвижными объектами и КП частей ЗРВ.

Ключевые слова: боевые возможности, огневые подразделения, зенитные ракетные войска, спутник, навигация, глобальная система определения местоположения, точность.

**APPLICATION OF GLOBAL SYSTEMS OF DEFINITION OF THE LOCATION
FOR INCREASE OF BATTLE POSSIBILITIES OF ANTI-AIRCRAFT ROCKET TROOPS**

S. Yarosh, M. Budanov, O. Gaponov, Yu. Fliachok

In article bases of construction and functioning of global satellite systems of definition of the location are considered. It is investigated questions of application of equipment of the given systems on base chassis of fire means of divisions of surface to air missile (SAM) troops for increase of reconnaissance, fire and maneuverable possibilities of regiment of anti-aircraft rocket armies. The mechanism of influence of increase of efficiency and accuracy of definition of the location of mobile objects of fire divisions of anti-aircraft rocket troops on their battle possibilities is analyzed. The article explores the possibility of using global positioning systems to enhance the combat capabilities of anti-aircraft missile forces. The use of modern navigation systems in the surface to anti-aircraft rocket troops Air Force of the Armed Forces of Ukraine can increase the battle possibilities of units of the SAM troops (reconnaissance, fire, maneuverable). It is proposed to use radar of illumination and guidance in the chassis of the base machines of firing units of SAM troops (in medium-range units - radar highlighting and guidance, in units of short-range - self-propelled fire engines and launch-charging engines) for GPS trackers, and on the command post (CP) of the SAM monitoring station with appropriate software developed on the basis of existing military geographic information systems, which allow to assess the reconnaissance, fire and maneuverability capabilities of the SAM troops. Considering the scope of application, navigation signal receivers that will be installed on mobile military objects to improve accuracy, ensure reliability and continuity of determining the location of objects must be able to work with two navigation systems NAVSTAR (USA) and "Galileo" (EU). One of the most important issues that needs to be investigated is the provision of reliable interference-free communication channels between moving objects and the CP of the SAM troops.

Keywords: battle possibilities, fire divisions, anti-aircraft rocket troops, satellite, navigation, global system of definition of the location, accuracy.