

**Д. А. Філістєєв,**

начальник Центрального управління метрології і стандартизації Збройних Сил України  
Озброєння Збройних Сил України – головний метролог  
Збройних Сил України, полковник,

**В. М. Бойко,**

начальник науково-дослідного відділу – заступник  
начальника Метрологічного центру військових еталонів  
Збройних Сил України, полковник,

**А. Б. Гаврилов,**

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
старший науковий співробітник науково-дослідного відділу  
Метрологічного центру військових еталонів Збройних Сил  
України,

**О. В. Шуригін,**

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
кандидат відділу державного метрологічного нагляду  
департаменту технічного регулювання та метрології  
Мінекономрозвитку України

## Проблеми застосування апаратури споживачів інформації глобальних навігаційних супутникових систем у Збройних Силах України

*У статті висвітлено проблеми застосування апаратури споживачів глобальних навігаційних супутникових систем на зразках озброєння та військової техніки Збройних Сил України та запропоновано кроки, спрямовані на їх розв'язання. На підставі вимірвальних задач, які вирішуються за допомогою апаратури споживачів глобальних навігаційних супутникових систем як будь-яких частин засобів вимірювань або вимірвальних систем за умов, що ці частини є об'єктом спеціальних вимог, необхідних для вирішення специфічних військових (тактичних) завдань, сформульовані загальні вимоги до навігаційної апаратури споживачів глобальних навігаційних супутникових систем при її застосуванні на зразках озброєння та військової техніки.*

© Д. А. Філістєєв, В. М. Бойко, А. Б. Гаврилов,  
О. В. Шуригін, 2014

**А**наліз літератури та формулювання задачі дослідження. Пріоритети й напрями підготовки держави до збройного захисту національних інтересів вимагають підвищення оперативних і бойових можливостей Збройних Сил України шляхом оснащення їх відновленими, модернізованими й новими системами озброєння та військової техніки. Вирішення різного роду військових завдань неможливе без використання космічних технологій, а саме відповідного навігаційно-часового забезпечення за рахунок використання глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) [1].

Космічні технології дають змогу з високою вірогідністю вирішувати військові завдання [2]: оцінювання характеристик точності озброєння; забезпечення високої точності під час випробувань і застосування модернізованих і перспективних систем озброєння; функціонування систем зброї на «непідготовленому» полі бою; оперативно-го приведення систем озброєння в готовність до застосування; функціональної сумісності під час спільних дій у коаліційних збройних угрупованнях; забезпечення точних оперативних цілевказівок, можливостей крапкових 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 передачі даних тощо).

На сьогодні в напрямі використання ГНСС в Україні зроблено низку кроків. Розпорядженням Кабінету Міністрів України № 238-р «Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 року» від 30 березня 2011 р. передбачене створення системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України з використанням інформації, отриманої від ГНСС різних держав (США, Росії, країн ЄС, Китаю). Розпорядженням Кабінету Міністрів України № 48-р «Про затвердження плану заходів щодо виконання Концепції реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 року» від 25 січня 2012 р. передбачене створення системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України з використанням інформації, отриманої від ГНСС різних держав (США, Росії, країн ЄС, Китаю).

Виконавці заходів зі створення системи: Державне космічне агентство, Національна академія наук, Міністерство освіти і науки України, Адміністрація Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації. При цьому інтереси військового відомства планом заходів щодо виконання Концепції реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 р. не визначені.

Основні питання, які потребують уваги при навігаційно-часовому забезпеченні Збройних Сил України, такі:

- гарантоване надання навігаційних послуг у різних умовах і середовищах (у будівлях і спорудах, під землею, під водою);

- гарантоване надання навігаційних послуг в умовах впливу природних, штучних і навмисних перешкод;
- оперативне сповіщення споживача про порушення цілісності радіонавігаційних полів (не більше 6 с);
- забезпечення споживачів сучасною геопросторовою інформацією через систему широкопasmового доступу;
- надання споживачам послуг високоточного визначення місцезнаходження в реальному часі;
- метрологічне обслуговування апаратури споживачів (АС) ГНСС.

За результатами аналізу та оцінювання правильності прийнятих технічних рішень під час розробок, зокрема модернізації озброєння та військової техніки (ОВТ) на стадіях (етапах) розробки, виробництва, випробувань, визначається стійка тенденція комплектування майже всіх виробів ОВТ [3] засобами навігаційного забезпечення АС як вітчизняного, так і закордонного виробництва, які використовують сигнали ГНСС.

При цьому виникає протиріччя, коли, з одного боку, у системах та комплексах ОВТ застосовується АС, а своєї ГНСС в Україні немає. На думку міжнародних експертів [3], будь-яка система, зав'язана на зовнішнє управління з інших країн – це «троянський кінь» на випадок будь-якого ускладнення ситуації. З другого боку, слід ураховувати, що застосування АС ГНСС забезпечує вирішення специфічних військових (оперативних, тактичних) завдань та є одним зі шляхів поліпшення характеристик виробів ОВТ при їх розробці (модернізації).

У складі існуючих та перспективних (які модернізуються) зразків, комплексів ОВТ активно використовується навігаційна апаратура, зокрема навігаційний комплекс топогеодезичного і часового забезпечення СН-3210 «Базальт-К», комплект навігаційної апаратури СН-3003 «Базальт», судовий навігаційний ГЛОНАСС GPS приймач СН-3101, авіаційний навігаційно-інформаційний комплекс СН-4308 та ін. Ступінь нарощування такої навігаційної апаратури в системах та комплексах ОВТ постійно зростає.

ГНСС, поряд зі значними перевагами, мають і певні недоліки, котрі впливають на достовірність обробки радіонавігаційних сигналів. Це зумовлено як технічними похибками радіонавігаційної апаратури (відтворенням шкали часу, вимірюванням складових вектора швидкості та координат, визначенням відповідних частот стандартних сигналів), так і якісними характеристиками навігаційного поля (впливом завадової обстановки, вірогідним характером показників цілісності та доступності навігаційного поля). Погіршення навігаційних сигналів також може бути пов'язане як із впливом атмосфери, так і з виходом з ладу бортової апаратури супутників, навмисним внесенням володарем ГНСС похибок для зниження точнісних характеристик систем навігаційно-часового забезпечення «нелояльних» споживачів. Прикладом таких дій було навмисне введення похибки в сигнали ГНСС GPS під час військового конфлікту Грузії та Росії.

Зразки ОВТ Збройних Сил України, які розробляються (модернізуються), а також прийняті на озброєння, комплектуються такою навігаційною АС:

- навігаційний комплекс топогеодезичного й часового забезпечення СН-3210 «Базальт-К» (рис. 1);
- комплект навігаційної апаратури СН-3003 «Базальт» (рис. 2);
- судовий навігаційний ГЛОНАСС/GPS-приймач СН-3101 (рис. 3);
- авіаційний навігаційно-інформаційний комплекс СН-4308 (рис. 4).

Технічна складова невизначеності результату при розрахунках навігаційних задач така:

1) розв'язання навігаційної задачі здійснюється програмним та апаратним забезпеченням виробника АС і, як правило, не супроводжується додатковою кількісною інформацією про якість рішення задачі;

2) якість розв'язання навігаційної задачі при цьому залежить від динаміки руху споживача та інструментальної похибки АС.

Виходячи із цього, АС повинна проходити періодичне метрологічне обслуговування, але на сьогодні Метрологічна служба Міністерства оборони України та Збройних Сил України через брак технічного оснащення не здійснює метрологічне обслуговування АС. Крім того, не розв'язана проблема метрологічного забезпечення випробувань зразків ОВТ, які оснащені навігаційною АС ГНСС<sup>1</sup>.

Однією з основних функціональних характеристик АС ГНСС є точність визначення координат місця розташування і швидкості руху ОВТ, на якому вона встановлена. Виходячи із цього, всі труднощі розв'язання розглянутої проблеми застосування АС ГНСС мають полягати у вирішенні таких задач:

1) коректне віднесення (відповідно до місця її застосування) АС ГНСС до класу технічних пристроїв, котрі є

<sup>1</sup> Повірка АС ГНСС – визначення її придатності до застосування на підставі результатів контролю її метрологічних характеристик. Тут виникає потреба розкрити термін «метрологічна характеристика навігаційної АС ГНСС». Для цього необхідно класифікувати навігаційну АС ГНСС. На сьогодні вона поділяється на чотири основні групи:

1) супутникова геодезична апаратура споживачів сигналів ГНСС, яка працює в диференційному та відносному режимах з використанням як кодових, так і фазових вимірювань та забезпечує високоточні визначення змін координат між опорною точкою установки антен приймачів і точкою, що визначається;

2) супутникова навігаційна апаратура споживачів сигналів ГНСС, призначена для визначення місцеположення, вектора швидкості споживача в глобальній системі координат;

3) спеціалізована апаратура супутникових сигналів ГНСС, призначена для синхронізації із системними та координуваними шкалами часу;

4) спеціалізована кутомірна апаратура, яка використовує сигнали ГНСС.

Таким чином, навігаційна АС ГНСС залежно від специфіки застосування та особливостей побудови матиме різні метрологічні характеристики, які підлягатимуть визначенню в процесі її повірки.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4

засобами вимірювань, з передбаченням заходів з її метрологічного обслуговування, визначених керівними та нормативними документами з метрології;

2) чіткої регламентації необхідності функціональних доповнень для забезпечення точнісних характеристик навігаційно-часових визначень (розробка відповідних нормативно-технічних документів);

3) розробки тактико-технічних вимог до АС ГНСС залежно від виду ОВТ, на яких вона встановлюється.

Таким чином, *метою* статті є визначення проблем застосування АС ГНСС на зразках ОВТ Збройних Сил України з відповідним з'ясуванням шляхів їх розв'язання.

Ураховуючи, що застосування АС ГНСС забезпечує вирішення специфічних військових (тактичних) завдань, застосування супутникових технологій є одним зі шляхів поліпшення характеристик виробів ОВТ під час їх розробки (модернізації). При цьому на сьогодні регламентація конкретних вимог до АС ГНСС, які повинні закладатися в тактико-технічне завдання на розробку (модернізацію) ОВТ, практично відсутня.

Намагання виправити ситуацію (при проведенні метрологічних експертиз документації на зразки ОВТ на етапах їх створення) шляхом надання рекомендацій з необхідності встановлення відповідних вимог до навігаційної АС ГНСС як до засобів вимірювань (у цьому випадку починають діяти існуючі конкретні метрологічні вимоги) зустрічають нерозуміння, а іноді й ігнорування розробників щодо виконання цих вимог. Розробники ОВТ використовують хибну практику з боку замовника, котра полягає в «тиражуванні» однакових типових вимог до метрологічного забезпечення зразка ОВТ без урахування його призначення, технічної складності та застосованих технічних рішень [4].

Якою би досконалою не була система глобального позиціонування, існує низка об'єктивних та суб'єктивних факторів, що характеризуються відповідними похибками, котрі не дають змоги вирішувати навігаційну задачу з потрібною точністю без додатково прийнятих технічних та організаційних заходів у системі навігаційно-часового забезпечення.

Володарі ГНСС з метою дезорієнтування «нелояльних споживачів» мають технічну можливість навмисно вносити штучні помилки в навігаційні дані, які передаються із супутників. При активованому S/A-режимі (селективному доступі) величина середньоквадратичного відхилення визначення місцеположення становить приблизно 30 м.

Наприклад, S/A-режим у системі GPS був вимкнений 1 травня 2000 р. за розпорядженням президента США без гарантування того, що цей режим не буде поновлений у будь-який час (приклад – російсько-грузинський конфлікт). У системі ГЛОНАСС S/A-режим діє й сьогодні.

Для того, щоб знизити ризики використання сигналів ГНСС не їх володарями необхідно, по-перше, здійснювати постійний контроль за якістю радіонавігаційного поля. А по-друге, гарантувати відповідність технічних (метрологічних) характеристик АС (як вітчизняного, так і закордонного виробництва) технічним умовам на них.

Для наочності відповідні похибки та їх порядки наведені на *рисунок 5*.

**1. S/A режим – Selective Availability** (селективний доступ). Забезпечити необхідну точність у цьому випадку можливо лише за рахунок функціональних доповнень систем ГНСС (наприклад, застосуванням станцій диференціальної корекції або псевдосупутників).

**2. Іоносферні та атмосферні затримки сигналів.** Використання системи ГНСС побудоване на припущенні, що швидкість поширення сигналу від супутників постійна й дорівнює швидкості світла. Проте ця умова виконується тільки у вакуумі. При проходженні радіосигналів в іоносфері Землі – шарі заряджених часток на висоті від 120 до 200 км – виникають затримки, які ускладнюють точні обчислення відстані до супутників. Затримки поширення сигналів при їх проходженні через верхні шари атмосфери призводять до помилок порядку 20–30 м удень та 3–6 м уночі.

Існують два основні методи корегування таких помилок, спричинених іоносферою. Так, можна припустити, якою буде типова зміна швидкості у звичайний день, при середніх іоносферних вимогах, а після цього ввести поправку в усі наступні дні проведення вимірювань. На жаль, не кожний день є звичайним. Другий метод полягає в порівнянні швидкостей поширення двох сигналів на двох частотах, після чого розраховується виправлення. Похибки виникають також під час проходження сигналів від супутників у нижніх шарах атмосфери, що зумовлено наявністю водяних парів.

**3. Похибки атомних годинників.** Якими б не були точними та надійними атомні годинники на супутниках, усе одно вони є джерелами невеличких похибок. На наземних станціях постійно відстежують точність і в разі необхідності проводять корегування їхнього ходу.

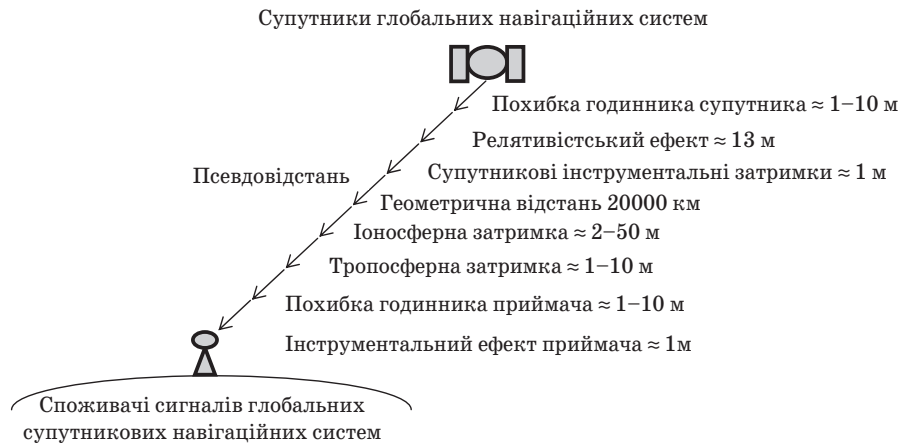


Рис. 5. Значення похибок та їх порядки при розрахунках псевдовідстані

#### 4. Екранування та відбиття супутникового сигналу.

При використанні навігаційного приймача серед високих будівель, у горах або в глибоких ущелинах точність позиціонування погіршуватиметься. Якщо сигнали від деяких супутників виявляються екранованими, то точність визначення місцезнаходження залежатиме від тих, які залишилися в полі прийому. Подібна помилка невелика – вона становить декілька метрів.

**5. Ефемеридна похибка.** Це похибки, зумовлені розходженням між розрахунковим положенням супутника на орбіті, яке встановлюється за даними навігаційного сигналу, котрий передається з борту супутника, та його фактичним положенням. Значення похибки не перевищує кількох метрів. Указані корегуючі параметри вносяться в «альманах» і передаються на супутники, а ті, у свою чергу, відсилають цю інформацію всім працюючим навігаційним приймачам.

**6. Статистична похибка визначення відстані до супутників.** Вона розраховується для конкретного супутника й заданого інтервалу часу. Похибка не має кореляції з іншими видами похибок. Величина її не перевищує кількох метрів.

**7. Геометричний фактор.** Оскільки вимірювання відстані до супутників завжди пов'язане з низкою похибок, уявні сфери й кола на їх перетині виявляються не геометрично точними, а розмитими. Така область невизначеності місцезнаходження може мати вигляд від невеликого квадрату до сильно витягнутого чотирикутника. Сучасні навігаційні приймачі обирають ті супутники, геометрія розташування яких дає найменшу невизначеність.

Усі розглянуті вище похибки підсумовуються й надають кожному вимірюванню певну невизначеність. Типова похибка становить 10–30 м, у найгірших випадках – до 60 метрів, а при ввімкненому S/A-режимі – до 100 м.

Точність визначення місцезнаходження значно підвищується за допомогою використання диференціальної корекції. Оскільки місцезнаходження контрольної станції встановлене точно, вона може визначити похибки супутникових сигналів. Різниця між вимірюваною та роз-

рахунковою відстанню для кожного видимого супутника становить «диференціальну корекцію».

Основною функціональною характеристикою навігаційної АС ГНСС та функціональних доповнень є точність визначення просторових координат об'єкта ОВТ, на якому вона встановлена, складових вектора швидкості його руху, а також синхронізації різноманітних систем, прив'язаних до системного або координованого часу [5], отже, зазначена апаратура повинна належати до засобів вимірювань і підпадати під сферу дії законодавства про забезпечення єдності вимірювань. Згідно з нормами зазначеного законодавства, така апаратура може бути допущена до застосування, тільки пройшовши випробування з метою затвердження типу і будучи повіреною (в обсязі первинної повірки – після випуску з виробництва або після ремонту; в обсязі періодичної повірки – у процесі поточної експлуатації). Зазначені норми відображені в частині 1 статті 26 Закону та в Положенні про особливості метрологічної діяльності у сфері оборони (затверженому Постановою Кабінету Міністрів України № 328 від 15 березня 2006 р.).

Відповідно до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність», засіб вимірювальної техніки – це технічний засіб, який застосовується під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики (у редакції Закону України № 1314-VII від 5 червня 2014 р., який набуває чинності з 1 січня 2016 р., засоби вимірювальної техніки – це засоби вимірювань, вимірювальні системи, матеріальні міри, стандартні зразки та будь-які частини засобів вимірювань або вимірювальних систем, якщо ці частини можуть бути об'єктом спеціальних вимог та окремого оцінювання відповідності). Навігаційні параметри як об'єкт спеціальних вимог, необхідних для вирішення специфічних військових (тактичних) завдань, покладених на різні групи споживачів, можна апроксимувати і на відповідні зразки ОВТ.

За результатами проведеного аналізу вимог до радіонавігаційного забезпечення були узагальнені вимоги різних груп споживачів навігаційно-часової інформації [7] (табл. 1).

Виходячи з того, що вирішення навігаційних задач базується на вимірюваннях псевдовідстані до навігаційних космічних апаратів, які, у свою чергу, визначаються точнісними характеристиками бортових стандартів часу та частоти, у роботі [7] були узагальнені вимоги основних споживачів щодо точності частотно-часової інформації. Зазначені вимоги наведені у таблиці 2.

Таким чином, при формуванні вимог до АС ГНСС, яка повинна встановлюватися на конкретних зразках ОВТ, слід ураховувати як те, що АС ГНСС є, як мінімум, частиною засобів вимірювань або вимірювальних систем, так і спеціальні вимоги відповідних груп споживачів щодо навігаційного (частотно-часового) забезпечення. З урахуванням зазначеного, можна сформулювати:

- по-перше, основні вимоги до характеристик АС, яка має використовуватися військовими споживачами (що дає можливість конкретизувати вимоги до АС ГНСС, котрі задаються в тактико-технічних завданнях на розробку виробів ОВТ);

- по-друге, визначити (уточнити) вимоги до апаратної реалізації системи її метрологічного обслуговування.

На підставі викладеного пропонуються загальні вимоги до навігаційної АС, яка повинна будуватися на основі базового модуля з такими вимогами:

- мати число каналів не менше 40;
- приймати та обробляти всі відкриті сигнали систем GPS (США), ГЛОНАСС (Росія), Galileo (Європейський союз), Beidou (Китай), а також сигнали ширококутних диференціальних підсистем (ШДПС) WAAS, EGNOS, MSAS і російської ШДПС;
- мати можливість інтеграції з навігаційною апаратурою геомагнітного типу для роботи з пакетами магнітних карт земної поверхні і прийому та обробки інформації про полярність і величину магнітного поля землі<sup>2</sup>;
- забезпечувати функцію контролю цілісності сигналів ГНСС за даними навігаційних повідомлень від Національного космічного агентства України й даними функціональних доповнень поряд з контролем цілісності в приймачі (RAIM);

Таблиця 1

Споживачі	Задачі, які вирішуються	Робоча зона	Похибка місця визначення (середнє квадратичне відхилення)	Доступність	Цілісність
ПОВІТРЯНІ	Польоти за маршрутом (трасою)	Глобальна, регіональна	0,25–5,8 км	0,99–0,99999	$1-10^{-7}/\text{г}$ (15 с)
	Польоти в зоні аеродрому	Район аеродрому	370 м	0,99–0,99999	$1-10^{-7}/\text{г}$ (15 с)
	Некатегороване заходження на посадку	Район аеродрому	110 м	0,99–0,99999	$1-10^{-7}/\text{г}$ (10 с)
	Заходження і посадка за категоріями ІКАО	Зона засобів посадки	2,0–8,5 м 0,3...2 м (Н)	0,999–0,99999	$1-2 \times 10^{-7}$ $1-2 \times 10^{-9}$ (6–1 с)
	Спеціальні задачі, геодезичні й географічні спостереження	Локальна	1–10 м	0,999	0,999
МОРСЬКІ	У районах океанського плавання	Глобальна	50 м	0,998 за 30 діб	10 с
	У районах прибережного плавання при невисокій інтенсивності руху суден	Регіональна	5 м	0,995 за 2 роки	10 с
	При плаванні в портах, на підходах до них і в прибережній зоні з високою інтенсивністю руху суден	Локальна	5 м	0,998 за 2 роки	10 с
	По всьому Світовому океану (перспективний)	Глобальна	10 м	0,998–0,9997	10 с
	Акваторії портів, спеціальні роботи	Локальна	0,05...0,5 м	0,998–0,9997	10 с
НАЗЕМНІ	Рух наземного транспорту по довільних маршрутах (одиначні засоби й угруповання)	Регіональна, локальна	100 м	0,99	0,95
	Рух наземного транспорту по встановлених маршрутах (одиначні засоби й угруповання)	Регіональна, локальна	100 м	0,99	0,95
	Рішення спеціальних задач	Локальна	5–15 м	0,99	0,95
	Картографія і геодезія, землевпорядкування	Глобальна, регіональна, локальна	0,02–0,03 м 0,02–0,05 м 3...6	–	–
КОСМІЧНІ	Космічні апарати зв'язку і ретрансляції		200 м		
	Космічні апарати навігаційного забезпечення		3–5 м		
	Космічні апарати геодезичного забезпечення		3–5 м		
	Космічні апарати системи виявлення об'єктів, котрі зазнали лиха		33 м		
	Космічні апарати геофізичного забезпечення		17–50 м		

Таблиця 2

№ з/п	Споживачі	Задачі, які вони вирішують	Вимоги до точності	
			часу, мкс	частоти, відн. один.
1	Еталони часу та частоти	Зберігання розмірів одиниць та шкал часу	0,001–0,01	$10^{-13}$ – $10^{-14}$
2	Радіоінтерферометри з наддовгими базами	Фундаментальні наукові дослідження	0,01–0,05	$10^{-13}$ – $10^{-14}$
3	Космічні комплекси, системи керування космічними апаратами	Траєкторні та орбітальні вимірювання, телеметрія, обмін інформацією	0,02–50	$10^{-11}$ – $10^{-13}$
4	Випробувальні полігони. Полігонні вимірювальні комплекси	Траєкторні вимірювання, телеметрія	0,1–50	$10^{-9}$ – $10^{-14}$
5	Ракетні комплекси, автоматизовані системи керування ракетною зброєю	Навігація, корекція ширококутових наземних систем, керування ракетною зброєю	0,1–50	$10^{-10}$ – $10^{-14}$
6	Системи керування авіацією. Авіаційні комплекси навігації та зв'язку	Навігація вдалині та поблизу аеродромів, відносна навігація, категоризована посадка, зв'язок,	0,01–100	$10^{-9}$ – $10^{-13}$
7	Радіотехнічні засоби навігації та зв'язку ВМС і пункти керування та контролю	Навігація вдалині та поблизу берегів та портів, дослідження морських ресурсів, зв'язок, керування	0,5–1000	$10^{-8}$ – $10^{-13}$
8	Комплекси протиповітряної та протиракетної оборони, системи контролю космічного простору	Розпізнавання, цілевказівки, керування зброєю	0,5–1000	$10^{-7}$ – $10^{-12}$
9	Системи керування наземним транспортом, КП та вузли зв'язку	Місце визначення, відносна навігація, зв'язок, обмін інформацією, керування зброєю та наземним транспортом	0,02–1000	$10^{-8}$ – $10^{-12}$
10	Геодезичні й топографічні комплекси та мережі, геодинамічні полігони, системи сейсмозв'язки й сейсмографії, геоінформаційні та картографічні системи	Геодезична й топографічна прив'язка об'єктів, сейсмозондування, сейсмозйомка, картографування, кадастрова зйомка	0,01–10	$10^{-11}$ – $10^{-14}$
11	Системи цифрового зв'язку	Надійність зв'язку, виключення похибок та перерв у зв'язку		$10^{-11}$ – $10^{-12}$

- мати інтерфейс, узгоджений з вимогами ARINC, RTCM, RTCA;

- відповідати вимогам морських, повітряних, наземних споживачів, а також працювати в режимі приймача контрольної-корегуючої станції залежно від введеної ознаки;

- мати режим вимірів по фазі несучої частоти;
- забезпечувати темп оновлення вихідної інформації від 1 до 5 Гц залежно від уведеної ознаки;

- мати характеристики точності при роботі в нормальному режимі, не гірші за забезпечувані системою, а в диференціальному режимі – відповідно до характеристик для функціональних доповнень;

- мати час «холодного» старту не більше 1 хвилини, час «гарячого» старту не більше 0,1 хвилини і час відновлення після перерв тривалістю до 1 хвилини не більше 1 секунди;

- мати масу не більше 0,2–0,3 кг;
- мати робочу температуру в діапазоні від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+75^{\circ}\text{C}$  і граничну – від  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ , а характеристику вологості не гірше 98% при температурі  $35^{\circ}\text{C}$ ;

<sup>2</sup> Навігаційна апаратура геомагнітного типу має кілька особливостей та відмінностей від радіонавігаційних аналогів. У такі прилади дуже складно ввести навмисну похибку. Їх робота не так сильно залежить від сталого сигналу навігаційних супутників. Наприклад, подібні прилади не втрачають працездатності в підземних спорудах та житлових кварталах міст. Для розгортання магнітної навігаційної системи не потрібні низькоорбітальні супутники, опорні передатчики, розташовані на земній поверхні.

- мати програмне забезпечення, яке підтримує контроль цілісності;

- мати характеристики надійності, які не знижують показники надійності зразка ОВТ загалом.

Вимірювальні задачі з метрологічного обслуговування навігаційної апаратури споживачів ГНСС з комплектованими метрологічними характеристиками наведені в таблиці 3.

**Висновок.** Таким чином, розв'язання проблем застосування АС ГНСС на зразках ОВТ Збройних Сил України пропонується за рахунок:

1) розроблення нормативно-технічних документів як з регламентації порядку застосування АС ГНСС на зразках ОВТ, так і порядку її метрологічного обслуговування з урахуванням вимог Закону України № 1314-VII «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 5 червня 2014 р., який набуває чинності з 1 січня 2016 р.;

2) розроблення загальних технічних вимог до АС ГНСС відповідно до видів (типів) ОВТ, на яких вона повинна застосовуватися;

3) створення як системи контролю навігаційного часового поля з метою підвищення якості й надійності розв'язання задач навігаційно-часового забезпечення Збройних Сил України, так і апаратної реалізації заходів з метрологічного обслуговування АС ГНСС [6–9].

Таблиця 3

## Вимірювальні задачі з метрологічного обслуговування навігаційної АС ГНСС

№ з/п	Тип (вид) АС ГНСС	Найменування метрологічної характеристики	Одиниця виміру	Значення метрологічної характеристики	Частота виникнення, кількість/рік*	Вид засоби вимірювальної техніки військового призначення, які застосовуються для вирішення вимірювальної задачі
1	Навігаційна АС	Інструментальна похибка (P=0,997) визначення координат у плані в абсолютному режимі	м	±7	2000	Обладнання геодезичного пункту, стандарт частоти, еталонний супутниковий GPS/ГЛОНАСС/SBAS приймач, прицевий лазерний далекомір, засоби імітації та ретрансляції сигналів супутникових навігаційних систем, засоби вимірювання часових параметрів імпульсів, засоби компарування вихідних частот приймача радіонавігаційних сигналів і стандарту часу й частоти, еталонна (базова) контрольно-корегуюча станція, засоби спостереження за формою сигналів
2		Інструментальна похибка (P=0,997) визначення висоти в абсолютному режимі	м	±10	2000	
3		Інструментальна похибка (P=0,997) визначення координат у плані в диференціальному режимі	м	±5	2200	
4		Інструментальна похибка (P=0,997) визначення висоти в диференціальному режимі	м	±7	2200	
5		Інструментальна похибка (P=0,997) визначення швидкості	м/с	±0,05	2200	
6		Середнє квадратичне відхилення випадкової складової похибки вимірювань шляхового кута	град	3	2200	
7	Геодезична навігаційна АС	Середня квадратична похибка вимірювань приросту координат у статичному режимі в плані	мм	3±0,05 мм/км	1000	
8		Середня квадратична похибка вимірювань приросту координат у статичному режимі за висотою	мм	5±0,1 мм/км	1000	
9	Частотно-часова навігаційна АС	Інструментальна похибка (P=0,997) синхронізації внутрішньої шкали часу відносно шкал координованого часу UTC, UTC(SU) у режимі спостереження із сигналами навігаційних космічних апаратів	нс	±100	300	
10	Кутомірна навігаційна АС	Похибка (P=0,997) визначення кутів орієнтації (крен, тангаж, курс)	град	±0,05	200	

\* Частота виникнення вимірювальної задачі визначалася відповідно до приблизної кількості зразків ОБТ та інших об'єктів військового призначення, на яких застосовується (планується до застосування) зазначена АС із урахуванням міжповірного інтервалу (геодезична навігаційна АС – один раз на рік, інша – один раз на три роки).

## Перелік літератури

1. Толубко В. Б. Тенденції використання космічного простору у сучасних умовах при вирішенні військових завдань / В. Б. Толубко, С. В. Козелков // Системи управління, навігації та зв'язку. – К. : ЦНДІНУ, 2008. – Вип. 3 (7). – С. 4–11.
2. Козелков С. В. Космічне навігаційне забезпечення як складова високої ефективності дій збройних сил / С. В. Козелков // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2008. – Вип. 4 (8). – С. 4–8.
3. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://rus.ruvr.ru/2013\\_11\\_14/Amerikanci-ropali-v-navigacionnuju-lovushku-0590/](http://rus.ruvr.ru/2013_11_14/Amerikanci-ropali-v-navigacionnuju-lovushku-0590/).
4. Гаврилов А. Б. Деякі погляди на проблемні питання організації метрологічного забезпечення через призму метрологічної експертизи документації на озброєння та військову техніку, що розробляється (модернізується) / А. Б. Гаврилов, С. В. Красинський; Харківський університет Повітряних Сил // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – Вип. 1 (21). – С. 48–54.
5. Водяних А. А. Технічна характеристика навігаційної апаратури СН-3003М «Базальт» / А. А. Водяних, В. Ю. Тимчук, І. О. Кондратюк, Д. І. Заруднев // Академія сухопутних військ

імені гетьмана Петра Сагайдачного: Військово-технічний збірник. – 2011. – Вип. 1 (4). – С. 198–205.

6. Пашкевич І. Д. Актуальні метрологічні проблеми координатно-часового забезпечення Збройних Сил України та шляхи їх вирішення / І. Д. Пашкевич, А. Б. Гаврилов, В. М. Романько // Системи озброєння і військова техніка. – 2008. – Вип. 2 (14). – С. 64–67.

7. Черепков С. Т. Перспективи розвитку засобів метрологічного забезпечення апаратури користувачів супутникових радіонавігаційних систем / С. Т. Черепков, І. Д. Пашкевич, В. В. Юсов, С. М. Шевкун // Наука і оборона. – 2010. – № 3. – С. 43–48.

8. Бойко В. М. Напрямки удосконалення організаційно-технічної основи системи забезпечення єдності навігаційно-часових вимірювань в Збройних Силах України / В. М. Бойко, А. Б. Гаврилов, Ю. П. Рондін // Метрологія та прилади. – 2012. – Вип. 5. – С. 59–64.

9. Бойко В. М. До питання технічного оснащення робочого місця з повірки (атестації) супутникової навігаційної апаратури споживачів у ЗС України / В. М. Бойко, А. Б. Гаврилов, Ю. П. Рондін // Метрологія та прилади. – 2013. – № 1. – С. 56–61.

Надійшла до редакції 22 липня 2014 р.