

# Навігація

УДК 681.51

В.П. Дорогобід, С.В. Козелков, М.К. Бороздін

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ КООРДИНАТНО-ЧАСОВОГО ТА НАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УКРАЇНИ

У статті проводиться аналіз використання системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України для підвищення точності визначення місцеположення рухомих об'єктів. Визначено, що система координатно-часового та навігаційного забезпечення України повинна забезпечувати таким вимогам, як доставка користувачам диференційної коригуючої інформації, її формування та формування навігаційної та аеронавігаційної інформації.

**Ключові слова:** супутникова навігаційна система, GPS, система автоматичного керування, система координатно-часового та навігаційного забезпечення України, ГНСС, диференційно корегуюча інформація, комплексна система навігації.

### Вступ

Рішення проблеми підвищення точності визначення місцеположення рухомих об'єктів в Україні здійснюється за допомогою розробки та введення в експлуатацію диференціальних підсистем та засобів контролю цілісності навігаційного поля згідно Концепції створення системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України (СКЧНЗУ), яка підготовлена НКАУ та погоджена з іншими міністерствами України.

Навігаційні супутникові системи «GPS», «ГЛОНАСС», «Galileo» в комплексі з наземними, космічними та бортовими функціональними доповненнями стають основними засобами навігації та управління, що підтверджується низкою рішень міжнародних та державних організацій, які відповідають за навігаційне забезпечення у відповідних країнах або на визначених територіях [5].

Тобто, під концепцією розвитку навігаційного забезпечення в цілому розуміють комплексний підхід до застосування систем зв'язку, навігації, спостереження та організації руху, що охоплює взаємопов'язаний перелік програмно-апаратних та технічних комплексів на основі супутникових та комп'ютеризованих засобів.

СКЧНЗУ створюється як наземне функціональне доповнення до глобальної навігаційної супутникової системи (ГНСС), і у цілому забезпечуватиме високу точність і надійність координатно-часових визначень і навігаційного забезпечення на її території.

У СКЧНЗУ виділяються три функціональні підсистеми[5].

До них відносяться:

– підсистема широкозонних диференціальних корекцій (ПШДК) – забезпечуватиме обробку кодових вимірів навігаційних сигналів, моніторинг ГНСС, формування і видачу користувачам в реальному масштабі часу (РМЧ) широкозонної диференційної коригуючої інформації (ДКІ). Робота ПШДК базується на інформації мережі контрольно-корегуючих станцій (ККС), що входять до складу центру контролю навігаційного поля (ЦКНП). Послуги ПШДК доступні на всій території України;

– підсистема регіональних диференціальних корекцій (ПРДК) – забезпечуватиме обробку кодових і фазових вимірів навігаційних сигналів, що реєструються ККС окремих РПКНП, і пов'язаних з ними регіональних мереж референціальних станцій, формування і видачу користувачам в РМЧ ДКІ на регіональному рівні;

– підсистема прецизійних післясеансних визначень (ПППВ) – забезпечуватиме надання користувачам геодезичних і навігаційних застосувань попередньо обробленої інформації будь-яких станцій СКЧНЗУ (ККС, референціальні станції (РС)), а також післясеансну обробку вимірювальної інформації користувачів. Послуги ПППВ надаватимуться користувачам за допомогою сервісних центрів (СЦ), що будуть розташовані у всіх обласних і великих районних центрах України.

### Основна частина

Високі темпи розвитку в Україні систем мобільного зв'язку, супутникових телекомунікацій, зокрема, створюваної НКАУ в рамках 3(Н)КПУ супутникової розподільчої мережі інформаційного

забезпечення позитивно впливають на створення та експлуатацію СКЧНЗУ.

До окремої категорії користувачів відносяться українські і міжнародні наукові організації, державні і комерційні підприємства, що використовують у своїй діяльності «сиру» (неопрацьовану) вимірювальну інформацію станцій СКЧНЗУ. Послуга по наданню такої інформації буде здійснюватись у ПСР.

ПШДК функціонуватиме в РМЧ і забезпечить точність координатних визначень користувачів на всій території України на рівні 0.1—2 м в залежності від типу навігаційної апаратури користувача.

Реалізація ПШДК СКЧНЗУ потребує на першому етапі розгортання на території України до 12 ККС типу НИ068, в тому числі шляхом модернізації існуючих пунктів GPS - спостережень Державної мережі моніторингу глобальних навігаційних супутникових систем (ДММ ГНСС), що забезпечить точність диференціальних навігаційних визначень на всій території України з використанням лише кодових спостережень ГНСС на рівні 0,5 — 2 м.

На другому етапі розгортання ПШДК кількість ККС в мережі буде збільшена до 57 станцій так, щоб відстані між ККС не перевищували 100 - 120 км, що дозволить разом із кодовими використовувати і фазові спостереження ГНСС для формування широкозонної ДКІ та підвищить точність навігаційних визначень до розрахункової.

У процесі функціонування ПШДК буде здійснюватися збір у РМЧ інформації в ЦКНП, аналіз її якості і формування широкозонних диференціальних коригувальних виправлень, які надаватимуться користувачам в узгоджених з європейськими диференціальними системами форматах.

Сформовані виправлення поширюватимуться користувачам з використанням:

GPRS (General Packed Radio Service),

GSM (Global Standard for Mobile Communication),

Internet,

УКВ FM-RDS7 –

в залежності від оснащення тієї чи іншої території, на якій буде знаходитись користувач.

ПРДК функціонуватиме в РМЧ і забезпечить точність координатних визначень користувачів на рівні 0,02 - 0.2 м.

Послуги підсистеми будуть локалізовані в межах регіонів, які обслуговуватимуться окремими РПКНП, Зони обслуговування окремих РПКНП, які перекриваються, забезпечать безперервність високоточного координатно-часового і навігаційного сервісу на всій території України.

У процесі функціонування підсистеми в РПКНП здійснюватиметься збір в РМЧ інформації

з референціальних станцій, розташованих у зоні її обслуговування, аналіз якості їх інформації і формування на принципах віртуальних референціальних станцій (VRS) диференційної коригувальної інформації.

Формати можуть змінюватись в інтересах забезпечення сумісності з європейськими диференціальними системами.

Сформовані виправлення поширюватимуться користувачам переважно з використанням GPRS (General Packed Radio Service).

Також доставка інформації може здійснюватися з використанням GSM і Internet.

Протоколи роботи РПКНП щодо наданих користувачам послуг буде передаватись в базу даних ЦКНП.

ПППВ функціонуватиме в автоматичному та запитному режимах і забезпечить точність координатних визначень користувачів на рівні 1 см.

В автоматичному режимі здійснюватиметься формування файлів «сирих» даних у форматі RINEX8 з дискретністю 1 с, 5 с, 30 с, які будуть розміщуватись на Web-сайтах ЦКНП і РПКНП.

До файлів з «сирою» інформацією, що має дискретність 30 с, буде забезпечено вільний доступ. Файли з дискретністю 1 і 5 с будуть доступні тільки авторизованим користувачам СКЧНЗУ: як окремим фізичним особам, так і сервісним центрам.

Сервісні центри ПППВ будуть з'єднані з РПКНП, а через них - із ЦКНП, що зробить доступною будь-яку інформацію, яка реєструватиметься всіма станціями СКЧНЗУ: як ККС, так і РС.

У запитному режимі по замовленням авторизованих користувачів буде здійснюватись аналіз і попередня обробка інформації будь-якої запитаної станції СКЧНЗУ, а також обробка вимірювальної інформації користувачів.

Для забезпечення прийому і використання сформованої СКЧНЗУ інформації апаратура користувачів повинна відповідати вимогам, які наведені в табл. 1.

Система координатно-часового та навігаційного забезпечення України буде взаємодіяти з існуючими на території України локальними і регіональними диференціальними доповненнями ГНСС, створюваними як державними установами так і комерційними організаціями.

Обмін інформацією буде здійснюватись або на підставі договорів про науково-технічне співробітництво, або на комерційній основі.

Для реалізації ПШДК і скороченню термінів її впровадження доцільно організувати взаємодію системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України із системами EGNOS і Galileo (ЕС).

Вимоги до апаратури користувачів функціональних підсистем СКЧНЗУ

ПШДК	ПППВ	ПРДК
Будь-який одно- або двох-частотний ГНСС-приймач, у якому передбачено введення ДКІ	1) Будь-який двох-частотний ГНСС-приймач геодезичного класу — для всієї зони дії РПКНП 2) Будь-який одно- або двох-частотний ГНСС-приймач, у якому передбачено введення ДКІ - для ближньої зони (у радіусі 10- 15 км) окремих ККС або РС	Будь-який одно- або двох-частотний приймач геодезичного класу
Зв'язковий термінал, і що забезпечує роботу в режимі GPRS, GSM або доступ до Internet чи радіомодем (приймач сигналів УКВ FM-RDS)	Зв'язковий термінал, що забезпечує роботу в режимі GPRS, GSM або доступ до Internet контролер, що забезпечує розкомпресування і розкодування даних	Зв'язковий термінал, що забезпечує роботу в режимі GPRS, GSM або доступ до Internet

Цього можна досягнути, якщо у відповідності з Угодою між Україною та ЄС щодо співробітництва у галузі створення системи Galileo частина українських ККС буде включена до складу наземного сегменту системи EGNOS (зараз інтегрована у програму Galileo).

Цього можна досягнути також шляхом хостингу EGNOS, коли у вказаних місцях будуть розміщені стандартні RIMS системи EGNOS з обслуговуванням силами і засобами підсистеми забезпечення експлуатації системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України.

Для реалізації ППВ, а також ПРДК у прикордонних з ЄС регіонах України з метою економії коштів на розміщення ККС та РС буде організована взаємодія з диференційними мережами країн-сусідів (Польща, Словаччина, Угорщина, Румунія), які є учасникам програми EUPOS.

Враховуючи це, СКЧНЗУ буде взаємодіяти із системою EUPOS, обмінюючись інформацією через ЦКНП та/або окремі РПКНП, зони обслуговування яких межують або перетинаються з закордонними диференційними мережами.

У результаті розгортання системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України на всій території України буде досягнутий якісно новий рівень рішення транспортних і геодезичних завдань, підвищиться продуктивність і якість праці геодезичних підприємств.

Застосування диференційних супутникових технологій для транспорту дозволить:

- підвищити безпеку навігації транспортних засобів за рахунок проведення моніторингу цілісності навігаційного поля ГНСС;

- підвищити безпеку навігації суден в умовах шельфу, у вузьких місцях і в портах, особливо в умовах поганої видимості;

- скоротити витрати на проведення ремонтних робіт, збільшити термія служби транспортних засобів;

- забезпечити зниження страхових внесків;
- підвищити оперативність і надійність аналізу дорожньо- транспортних випадків;
- забезпечити високу точність прив'язки результатів проведення гідрологічних робіт;
- підвищити якісні показники послуг логістики за рахунок введення нових технологій.

Також буде забезпечене зниження вартості робіт, що забезпечують безперебійне функціонування транспорту. До них належать:

- будівництво та ремонт автомобільних доріг, залізниць і мостів, транспортних розв'язок (насамперед у рамках проектів створення Міжнародних транспортних коридорів (МТК) і Євразійського транспортного коридору (TRACESA));
- будівництво та ремонт аеродромних комплексів, злітно-посадочних смуг;
- будівництво та ремонт портових споруд;
- створення електронних карт та інші.

Застосування диференційних супутникових технологій знижує вартість топографо-геодезичних робіт приблизно на порядок, що забезпечить більшу економію коштів, які виділяються для проведення будівельних робіт. Важливою складовою під час розгортання та введення в експлуатацію системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України є вдосконалення оперативного контролю навігаційного забезпечення споживачів з

урахуванням визначених варіантів (режимів) її роботи за умов активної протидії противника. Головним елементом даної системи стає РПКНП, що створюється на базі ККС та мережі РС, тому дослідження ефективності функціонування РПКНП щодо забезпечення потрібного рівня навігаційно-часових послуг, цілісності навігаційного поля ГНСС та достовірності ДКЗ є актуальним завданням, яке, в свою чергу, включає розробку напрямків (заходів) щодо підтримки заданого рівня.

## Висновки

1. Система координатно-часового та навігаційного забезпечення України призначена для забезпечення всіх видів транспорту, науково-дослідницьких організацій навігаційно-часовою інформацією, яка доповнює або (і) коригує навігаційні параметри (НП) існуючих КНС (GPS/ГЛОНАСС/Galileo).

2. Слід мати на увазі, що СКЧНЗУ не забезпечує і не повинна забезпечувати глобального покриття всієї Земної кулі.

СКЧНЗУ повинна забезпечувати:

- доставку користувачам диференційної коригуючої інформації (ДКІ), сформованої за допомогою наземного сегмента системи;
- формування ДКІ і доставку нею користувачам біля ККС, розташованих в регіональних пунктах контролю навігаційного поля (РПКНП);
- формування аеронавігаційної інформації та забезпечення нею користувачів повітряного простору України, у тому числі і при використанні категорійної посадки літаків в аеропортах;
- формування навігаційної інформації та забезпечення нею кораблів в Азовсько-Чорноморському басейні за допомогою морської диференційної підсистеми на базі морських радіомаяків.

3. Для користувачів СКЧНЗУ є поліпшеною системою подвійного призначення. Вона може бути відкритою для всіх користувачів в звичайний час, а в особливий період повинна функціонувати

виключно в інтересах національної безпеки і оборони України. При цьому СКЧНЗУ повинна забезпечувати вірогідність інформації, що передається користувачам, і їх оперативне сповіщення про вихід параметрів НП існуючих КНС (GPS/ГЛОНАСС/Galileo) за межі встановлених допусків і про свій власний стан експлуатаційної готовності, а також забезпечувати надійність функціонування апаратури користувачів в умовах завадової обстановки особливого періоду.

## Список літератури

1. *Науково-технічний звіт (проміжний) «Аналіз побудови сучасних космічних систем ДЗЗ, навігації та зв'язку в інтересах безпеки та оборони провідних країн світу»*. К: ДП ЦНДІ НіУ. – 2008. – 120 с.
2. *Науково-технічний звіт (проміжний) «Дослідження ефективності використання космічних систем ДЗЗ, навігації та зв'язку в інтересах ЗС України»*. – К: ДП ЦНДІ НіУ, 2011. – 125 с.
3. *Дорогобід В. П. Використання комплексної системи навігації в системах автоматизованого управління рухом // Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика: збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції, 5 листопада, 2015 р. / ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка.*
4. *Козелков С. В. Перспективи використання космічних систем дистанційного зондування Землі для вирішення завдань військового призначення / С.В. Козелков, Д.П. Пашков // Системи озброєння і військова техніка. – 2008. – Вип. 4. – С. 133-137.*
5. *Пермяков О.Ю. Особливості створення та застосування наземних функціональних доповнень глобальної навігаційної супутникової системи на території України / О.Ю. Пермяков, О.В. Лаврінчук, Р.М. Залужний // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2009. – Вип. 2(20). – С. 53-58.*

Надійшла до редколегії 22.02.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.В. Барабаш, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ.

## ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ ДВИЖУЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ КООРДИНАТНО-ВРЕМЕННОГО И НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УКРАИНЫ

В.П. Дорогобид, С.В. Козелков, Н.К. Бороздин

*В статье проводится анализ использования системы координатно-временного и навигационного обеспечения Украины для повышения точности определения местоположения подвижных объектов.*

**Ключевые слова:** спутниковая навигационная система, GPS, система автоматического управления, система координатно-часового обеспечения и навигации Украины дифференциально корректирующая информация, комплексная навигационная система.

## IMPROVING THE ACCURACY OF THE LOCATION FOR A MOVING OBJECT BY USING A SYSTEM OF COORDINATE-TIME AND NAVIGATION SUPPORT OF UKRAINE

V.P. Dorohobid, S.V. Kozelkov, M.K. Borozdin

*The article analyzes the use of a system of coordinate-time and navigation support of Ukraine to improve the accuracy of location of mobile objects.*

**Keywords:** satellite navigation systems, GPS, automatic control system, system of coordinate-time and navigation support of Ukraine, GNSS, differential correction, integrated navigation systems.