

Рисунки до статті О. І. Дохова, В. М. Шокало, О. М. Лук'янова, О. О. Жаліло, Д. О. Шелковенкова – Про Створення системи моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS на території України

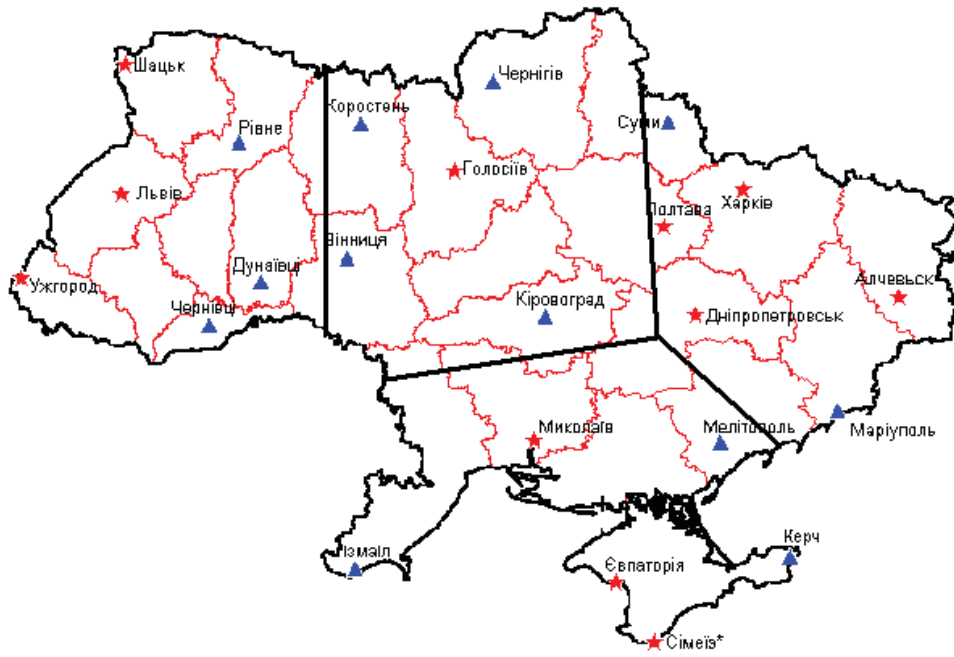


Рис. 1. Регіони моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS

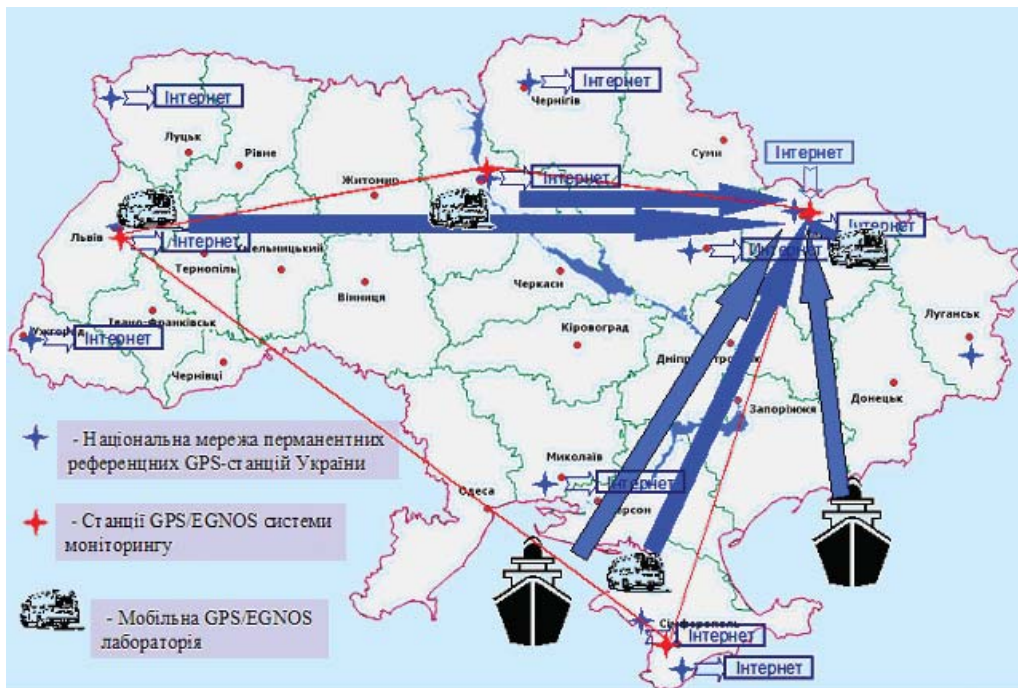


Рис. 2. Архітектура системи моніторингу

О. І. Дохов, В. М. Шокало, О. М. Лук'янов, О. О. Жаліло,
Д. О. Шелковенков

Харківський Національний університет радіоелектроніки, Харків

ПРО СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НАВІГАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК GPS/EGNOS НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Анотація: Розглядається стан робіт по створенню системи моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS на території України. Наведені отримані результати, архітектура системи моніторингу і підсистеми збору та обробки інформації, плани розробки та вводу в експлуатацію системи моніторингу.

Ключові слова: моніторинг, GPS/EGNOS, Galileo, навігаційні характеристики, транспорт.

1. ВСТУП

Однією з основних задач на сучасному етапі розвитку України є модернізація існуючих систем управління рухомими об'єктами з використанням найсучасніших засобів супутникової радіонавігації з метою підвищення ефективності та забезпечення безпеки транспортних перевезень.

Координатні визначення, які виконуються з високою точністю і надійністю, є основою безпечного управління транспортними об'єктами. Бурхливий розвиток космічних та інших високих технологій за останні 10–15 років якісно змінив підходи до рішення задач автономної навігації рухомих об'єктів. Глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС) GPS і ГЛОНАСС забезпечують точність координатних визначень під час руху на рівні 10–15 м. Така точність цілком прийнятна для ряду транспортних додатків, однак недостатня надійність систем донедавна обмежувала їхнє використання для критичних з точки зору забезпечення безпеки транспортного руху ситуацій.

Введення в експлуатацію супутникових доповнень до глобальних навігаційних систем, таких, як WAAS у США і EGNOS у Європі, докорінно змінило підходи до забезпечення безпечної навігації. Такі міжнародні організації, як ICAO (International Civil Aviation Organization – Міжнародна організація цивільної авіації), IMO (International Maritime Organization – Міжнародна морська організація), UIC і UN/ECE у своїх документах відзначили, що супутникові навігаційні системи і їхні космічні доповнення є найбільш пріоритетними засобами для вирішення проблем управління транспортними об'єктами.

Розгорнута Європейським союзом система EGNOS створювалася для забезпечення вирішення задач навігації в авіаційному транспорті як найбільш критичному за точністю та надійністю навігаційних визначень. Як показали проведені іспити, її використання дає можливість забезпечувати літакам захід на посадку по першій категорії метеомінімуму в межах усієї зони відповідальності системи.

Щодо використання інформації системи EGNOS поза цією зоною, то це також можливо,

але якість послуг при цьому не гарантується. На даний час Україна не входить у зону обслуговування EGNOS, але граничить з нею і технічно вже зараз може користуватися послугами цієї системи. Однак якісні і кількісні характеристики навігаційних послуг EGNOS на території України поки що залишаються невідомими.

Тому першою задачею при впровадженні супутникових технологій у систему навігаційного забезпечення транспорту в Україні є забезпечення незалежного моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS на всій території України. Моніторинг навігаційних характеристик GPS/EGNOS забезпечить визначення дійсних навігаційних характеристик GPS/EGNOS не тільки на даному етапі, коли зона дії EGNOS обмежена країнами ЄС, а також дасть можливість організувати нагляд за якістю функціонування EGNOS після її поширення на територію України.

Створення відповідної державної системи моніторингу ГНСС було передбачено постановою Кабінету Міністрів України від 7 квітня 2003 року № 486 [1]. До її складу повинні увійти пункти спостереження, підпорядковані Національному космічному агентству, Національній академії наук, Міністерству екології та природних ресурсів, Міністерству освіти і науки, Державному комітету з питань технічного регулювання та споживчої політики. Відповідно до вимог "Програми забезпечення функціонування і розвитку державної системи моніторингу ГНСС" [2] ця система повинна зафункціонувати в 2010 році.

Таким чином, склалася ситуація, коли оцінка дійсних характеристик навігаційного забезпечення по сигналах ГНСС (зокрема, з використанням корекцій EGNOS) може бути отримана не раніше 2010 року. Ця обставина не може задовольнити користувачів ГНСС. В Україні вже зараз потрібна інформація про якість навігаційного забезпечення транспортної і багатьох інших галузей народного господарства та військової сфери з використанням

сигналів GPS/EGNOS. Від своєчасного отримання цієї інформації залежить не тільки розвиток транспортної галузі, а й взагалі становлення України як транзитної держави.

З урахуванням вищесказаного у проєкті Комплексної програми створення Державної інтегрованої інформаційної системи (ДІІС) [3] передбачено створення системи оцінки та моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS на території України, яка повинна вирішити основні найбільш актуальні задачі визначення якості навігаційного забезпечення по сигналах GPS/EGNOS і сприяти підвищенню ефективності транспортних перевезень за рахунок впровадження супутникових навігаційних технологій. Проєкт Комплексної програми створення ДІІС, розроблений відповідно до Концепції створення Державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами [4], на сьогодні вже є підготовленим для розгляду Урядом України. Реалізація цієї системи згідно з планом робіт [5] передбачається у 2007 році. Орієнтовна вартість робіт складає приблизно 1 200 000 гривень.

Незважаючи на те, що Комплексна програма створення ДІІС Кабінетом Міністрів України ще не затверджена, роботи по впровадженню нових технологій у сферу управління транспортом вже розпочались. Зокрема, у 2005 році Харківський Національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ) на замовлення Державного департаменту морського та річкового транспорту Мінтрансзв'язку України виконав науково-дослідницьку роботу (НДР) "Дослідження та визначення задач, способів і засобів технічної та метрологічної підтримки розгортання та експлуатації української частини наземного сегменту систем EGNOS і Galileo". Ця НДР є першою у напрямку створення системи моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS/Galileo на території України. У її рамках розроблені такі документи:

- "Концепція створення системи моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS (та у перспективі – Galileo) на території України" [6];
- "Методика контролю якості (точності та надійності) навігаційного забезпечення по сигналах GPS/EGNOS на території України" [7];
- "Технічне завдання на створення системи оцінки та моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS на території України", проект [8];
- звітна науково-технічна документація по етапах виконання НДР [9, 10, 11].

Далі наводимо скорочений огляд розробленої системи моніторингу.

2. ОСНОВНІ ЗАДАЧІ ТА АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

Основна мета проведення робіт з оцінки якості навігаційного забезпечення полягає в створенні умов для впровадження супутникових навігаційних технологій у практику для критичних з точки зору безпеки транспортних застосувань та забезпечення постійного контролю за надійністю навігаційного сервісу глобальних навігаційних супутникових систем.

Створювана система моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS повинна забезпечити формальну процедуру експериментальної оцінки (верифікації) функціонуючих супутникових радіонавігаційних систем у всіх аспектах. Задача верифікації представляється у вигляді складових:

- перевірка якості супутникових навігаційних сигналів;
- визначення обмежень і вибір навігаційного устаткування споживачів;
- оцінка експлуатаційних характеристик ГНСС.

Фактично функції системи моніторингу зводяться до:

- оперативного збору й обробки навігаційної інформації;
- формування висновків про якість навігаційного забезпечення транспорту по сигналах GPS/EGNOS;
- оперативного повідомлення споживачів інформації про зниження якості навігаційних послуг GPS/EGNOS.

Система моніторингу будується за такими принципами:

- максимальне охоплення території України;
- безперервність функціонування;
- розміщення станцій моніторингу в регіонах з розвинутою інфраструктурою;
- використання навігаційного устаткування провідних світових виробників;
- використання для моніторингу інформації мережі перманентних референтних GPS-станцій України.

При функціонуванні системи моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS буде використовуватись інформація спеціалізованих станцій моніторингу, мобільної лабораторії та перманентних станцій, розташованих на території України (причому перманентні станції є додатковим джерелом отримання інформації). Основний недолік у їхній роботі полягає у тому, що вони забезпечують дуже низький темп збору інформації – 1 раз за 30 сек. Тому їхня інформація може використовуватись тільки для того, щоб отримати оцінку точності координатних визначень. Для оцінки доступності, цілісності, безперервності сервісу GPS/EGNOS такий темп отримання даних непридатний. Більш того, ці станції не забезпечують прийом сигналів EGNOS і не можуть бути використані для верифікації якості прийому таких сигналів на всій території України.

З урахуванням конфігурації і розмірів території України для проведення досліджень

навігаційних характеристик GPS/EGNOS виділено чотири регіони (рис. 1, див. стор. 34), у яких передбачається розгортання станцій моніторингу:

- у західному регіоні (пропонується м. Львів);
- у центральному (м. Київ);
- у південному (м. Сімферополь);
- у східному (м. Харків).

Створення станцій моніторингу забезпечить нагляд за точністю та надійністю координатних визначень по окремих регіонах та визначення часового розподілу навігаційних характеристик GPS/EGNOS на території України.

Для визначення якості навігаційного забезпечення транспорту по сигналах GPS/EGNOS у реальних умовах експлуатації створюється мобільна лабораторія. На першому етапі функціонування системи моніторингу лабораторія буде оснащена приймачем сигналів GPS/EGNOS, а у подальшому до її складу увійде приймач сигналів Galileo для проведення досліджень якості функціонування системи Galileo на етапі її розгортання і експлуатації. Мобільна лабораторія буде також оснащена апаратурою, яка дасть можливість визначити і періодично проводити контроль за електромагнітною обстановкою у регіонах активного використання супутникового навігаційного обладнання.

Одним з головних елементів системи моніторингу являється Центр збору та обробки інформації. В його функції входить забезпечення накопичення, обробки та аналізу вимірювальної інформації створюваних станцій моніторингу, мобільної лабораторії, а також постійних станцій. Результати обробки та аналізу інформації будуть надаватись усім зацікавленим споживачам України, у першу чергу таким відомствам, як Мінтрансзв'язку, Мінпромполітики, МВС, Міноборони, МНС, Мінприроди та іншим, які зацікавлені у впровадженні супутникових навігаційних технологій у відповідних галузях економіки.

Збір інформації у системі моніторингу здійснюватиметься у післясеансному режимі з використанням мережі Інтернет, причому інформація станцій моніторингу та мобільної лабораторії пересилатиметься у Центр збору та обробки безпосередньо, а інформація постійних станцій буде братись із загальнодоступного серверу ГАО НАНУ. Схема збору інформації у системі моніторингу наведена на рис. 2 (див. стор. 34).

Для обробки та аналізу інформації необхідно орієнтуватися на використання як існуючих програмних пакетів (наприклад, BERNESE, PEGASUS, ECLAYR, GrafNav/GrafNet), так і програмного забезпечення вітчизняної розробки.

Програмне забезпечення, яке розробляється у рамках проекту, призначене для забезпечення попередньої обробки інформації та її детального аналізу з метою виключення випадків впливу збоїв у роботі окремих приймачів та похибок в обробці інформації на формування висновків щодо якості навігаційного забезпечення по сигналах GPS/EGNOS. Крім того, це програмне забезпечення буде використовуватись для статистичної обробки результатів аналізу окремих сеансів вимірювань і формування інтегральних висновків по їх сукупності.

3. СКЛАДОВІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

Система оцінки і моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS функціонально складається з трьох підсистем:

- реєстрація інформації;
- збір і обробка інформації;
- надання результатів досліджень усім зацікавленим споживачам.

До складу підсистеми реєстрації входять стаціонарні станції моніторингу та мобільна лабораторія. До складу підсистеми поширення інформації – програмні й апаратні засоби передачі інформації споживачам в Україні.

Підсистема збору й обробки інформації є центральним і найбільш складним елементом системи моніторингу. Основа цієї підсистеми – програмно-апаратний комплекс обробки вимірювальної інформації, який забезпечує виконання таких функцій:

- аналіз якості та попередня обробка вимірювальної інформації, яка поступає від перманентних станцій України, мобільної лабораторії та станцій моніторингу, що входять до складу системи;
- калібрування різниці між затримками сигналів на різних частотах у приймальній апаратурі (IFB) з використанням даних міжнародного центру CODE IGS (Швейцарія);
- визначення параметрів регіональної моде-

лі іоносфери на основі двочастотних вимірювань;

- визначення параметрів регіональної моделі тропосфери на основі даних метеорологічних станцій України;
- верифікація параметрів моделей іоносфери та тропосфери, що застосовуються у системі EGNOS, з використанням відповідних регіональних моделей;
- контроль за якістю корекцій EGNOS щодо координат навігаційних супутників;
- контроль за точністю координатних визначень по сигналах GPS/EGNOS на території України.

Схема взаємодії функцій програмно-апаратного комплексу наведена на рис. 3.

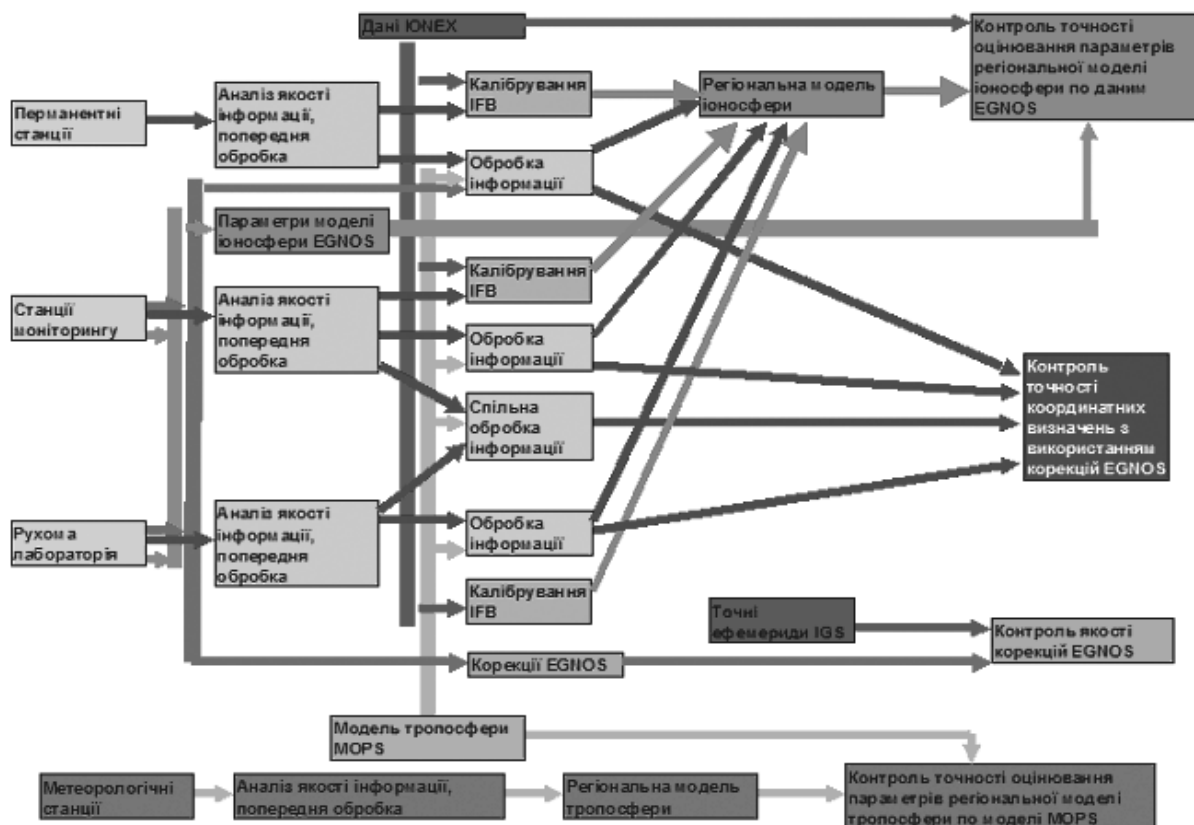


Рис. 3. Схема взаємодії функцій програмно-апаратного комплексу

4. ЕТАПИ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

Створення системи моніторингу передбачає виконання таких робочих етапів:

- 1) науково-технічне обґрунтування розташування складових системи моніторингу якості навігаційного забезпечення (СМНЗ) по сигналах GPS/EGNOS та організація їх взаємодії;
- 2) створення експериментального зразка основних складових СМНЗ по сигналах GPS/EGNOS/(GALILEO) та програмного забезпечення проведення експериментальних досліджень;
- 3) проведення експериментальних досліджень якості навігаційного забезпечення по сигналах GPS/EGNOS/(GALILEO) на території України;
- 4) розробка експлуатаційної документації на систему моніторингу GPS/EGNOS/(GALILEO).

Створена у ході реалізації система моніторингу буде вирішувати всі питання щодо аналізу якості навігаційних характеристик ГНСС, окрім аналізу інформації системи Galileo, яка буде введена у дію не раніше 2008 року, та функцій моніторингу у реальному часі.

Учасниками проекту створення та підтримки функціонування системи моніторингу передусім є такі організації України, діяльність яких забезпечуватиме розробку та розгортання станцій моніторингу і центрів збору та обробки інформації, а також забезпечуватиме підтримку їх функціонування. Насамперед, це провідні науково-дослідні організації та вищі навчальні заклади України.

5. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ВІД РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМИ

Створення системи моніторингу навігаційного забезпечення по сигналах GPS/EGNOS/Galileo на території України дасть можливість:

- створити та ввести в дію тестовий вимірювальний комплекс для оцінки, аналізу та моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS/Galileo в Україні та виконати оцінку їх характеристик;
- визначити та експериментально перевірити критерії, методи та рекомендації щодо виконання оцінки та моніторингу навігаційних характеристик EGNOS/Galileo;
- визначити реальні конкретні напрямки інтеграції України в європейський процес створення та використання навігаційного поля супутникових навігаційних систем та їх європейського функціонального доповнення EGNOS для цілей найефективнішого вирішення транспортних проблем на території України;
- визначити пропозиції щодо використання сигналів EGNOS/Galileo на території України та рекомендації по інтегруванню України та ЄС у питаннях створення єдиного навігаційного поля на території Європи.

Відповідно створення такої системи приведе до:

- підвищення безпеки в авіації на трасі польоту літаків та при заході їх на посадку;
- підвищення безпеки навігації суден в умовах шельфу, у вузьких місцях і в портах, особливо в умовах поганої видимості;
- підвищення безпеки управління автотранспортними засобами та іншими наземними рухомими об'єктами за рахунок моніторингу навігаційного поля ГНСС;
- скорочення витрат на проведення ремонтних робіт та збільшення терміну служби транспортних засобів;
- зниження страхових внесків для власників транспортних засобів;
- підвищення оперативності та надійності аналізу дорожньо-транспортних пригод;
- забезпечення високої точності прив'язки

результатів проведення гідрологічних робіт та ін.

6. ВИСНОВКИ

Модернізація існуючих систем управління транспортними об'єктами в Україні з використанням найсучасніших засобів супутникової радіонавігації є основою підвищення ефективності і безпеки транспортних перевезень. Технічна можливість використання сигналів EGNOS для вирішення задач навігації на території України наразі, а також подальше поширення зони покриття EGNOS потребують забезпечення контролю за якістю навігації з використанням інформації цієї системи. Ця функція буде виконуватися системою моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS/Galileo. Створення системи моніторингу забезпечить не тільки вирішення основних питань оцінки експлуатаційних характеристик EGNOS (у подальшому – EGNOS/Galileo), атестацію супутникових навігаційних систем для транспорту і своєчасне попередження користувачів про погіршення якості послуг, а забезпечить також впровадження в Україні сучасних закордонних і вітчизняних мережних технологій високоточного визначення місця знаходження рухомих транспортних об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету міністрів України від 7 квітня 2003 р. № 486 "Про утворення державної мережі моніторингу глобальних навігаційних супутникових систем".
2. Постанова Кабінету міністрів України від 14 квітня 2004 р. № 470 "Про затвердження Положення про державну мережу моніторингу глобальних навігаційних супутникових систем і Програми забезпечення функціонування і розвитку державної системи моніторингу глобальних навігаційних супутникових систем на період до 2010 року".
3. Проект Комплексної програми створення Державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження); ХНУРЕ, 2005 р.
4. Концепція створення Державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження). Схвалена Розпорядженням КМУ від 17 липня 2003 р. № 410-р.
5. План робіт по організації розробки та впровадження на території України системи моніторингу якості навігаційного забезпечення по сигналах глобальних навігаційних супутникових систем GPS/EGNOS/GALILEO. Затверджений Першим заступником Міністра транспорту та зв'язку України В. Цибенко 26.12.2005 року.
6. Концепція створення системи моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS (та у перспективі – Galileo) на території України (наказ Міністра транспорту та зв'язку України від 26.12.2005 р. № 937).
7. НДР "Дослідження та визначення задач, способів і засобів технічної та метрологічної підтримки розгортання та експлуатації української частини наземного сегменту систем EGNOS і Galileo", (шифр "EGNOS-ХНУРЕ/2005"), Етап 1 – "Методика контролю якості (точності та надійності) навігаційного забезпечення по сигналах GPS/EGNOS на території України" ("Пояснювальна записка", 43 арк.) – Харків, ХНУРЕ МОН України, НДЦ ІРЕСТ ХНУРЕ, червень 2005 р.
8. "Технічне завдання на створення системи оцінки та моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS на території України" (проект), НДЦ ІРЕСТ ХНУРЕ, грудень 2005 р.
9. НДР "Дослідження та визначення задач, способів і засобів технічної та метрологічної підтримки розгортання та експлуатації української частини наземного сегменту систем EGNOS і Galileo", (шифр "EGNOS-ХНУРЕ/2005"), Етап 1 – "Розробка методів та методики контролю якості (точності та надійності) навігаційного забезпечення по сигналах GPS/EGNOS на території України". ("Пояснювальна записка", 44 арк.). – Харків: ХНУРЕ МОН України, НДЦ ІРЕСТ ХНУРЕ, червень 2005 р.
10. НДР "Дослідження та визначення задач, способів і засобів технічної та метрологічної підтримки розгортання та експлуатації української частини наземного сегменту систем EGNOS і Galileo", (шифр "EGNOS-ХНУРЕ/2005"), Етап 2 – "Визначення задач, способів і засобів технічної та метрологічної підтримки розгортання та експлуатації української частини наземного сегменту систем EGNOS і Galileo. Розробка переліку організаційно-технічних заходів щодо створення системи оцінки та моніторингу навігаційних характеристик GPS/EGNOS (у перспективі – Galileo) на території України", 44 арк. – Харків: ХНУРЕ МОН України, НДЦ

- ПРЕСТ ХНУРЕ, вересень 2005 р.
11. Науково-технічний звіт НДР "Дослідження та визначення задач, способів і засобів технічної та метрологічної підтримки розгортання та експлуатації української частини наземного сегменту систем EGNOS і Galileo", (шифр "EGNOS-ХНУРЕ/2005"), Етап 3, 113 арк. – Харків: ХНУРЕ МОН України, НДЦ ПРЕСТ ХНУРЕ, листопад 2005 р.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

GBAS	Ground-Based Augmentation System
GNSS	Global Navigation Satellite System
SARPS	Standards And Recommended Practices
SBAS	Satellite-Based Augmentation System
WAAS	Wide Area Augmentation System
UIC	International Union of Railways – Міжнародне об'єднання залізниць
UN/ECE	United Nations Economic Commission for Europe – Європейська економічна комісія ООН

А. И. Дохов, В. М. Шокало, А. М. Лукьянов, А. А. Жалило, Д. А. Шелковенков. О СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НАВИГАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК GPS/EGNOS НА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ.

Аннотация: Рассматривается состояние работ по созданию системы мониторинга навигационных характеристик GPS/EGNOS на территории Украины. Приведены полученные результаты, архитектура системы мониторинга и подсистемы сбора и обработки информации, планы разработки и ввода в эксплуатацию системы мониторинга.

Ключевые слова: мониторинг, GPS/EGNOS, Galileo, навигационные характеристики, транспорт.

A. I. Dokhov, V. M. Shokalo, A. M. Lukyanov, A. A. Zhalilo, D. A. Shelkovenkov. THE GPS/EGNOS SUPERVISION SYSTEM OF NAVIGATION PERFORMANCE IN UKRAINE.

Abstract: The performance of a system for the navigation characteristics GPS/EGNOS monitoring in Ukrainian territory is considered. Findings, the architecture of the monitoring system, data collector and data processing, elaboration plan and putting into operation plan of the monitoring system have been presented.

Keywords: monitoring, GPS/EGNOS, Galileo, navigation performance, transport.

Надійшла до редакції 03.07.06

ЦИФРОВА КАРТА ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Цифрова карта дорожнього руху (ЦКДР) є складовою (одним з шарів) цифрової навігаційної карти даного регіону. Карта є формалізованим (зрозумілим для комп'ютера) зводом правил дорожнього руху даного регіону. Вона містить координатну інформацію про дозволений проїзд транспортних засобів (ТЗ) та про дорожні знаки у вигляді сукупності координат точок повороту на просторі, дозволеному для руху ТЗ. Ця інформація містить також вимоги до напрямку та обмеження для руху ТЗ, повідомлення для водіїв та органів управління ТЗ.

Для кожного виду ТЗ є свій простір та умови руху. Наприклад, для швидкої допомоги та міліції обмеження практично відсутні. ЦКДР використовується спільно з навігаційним приймачем та базовою навігаційною картою, на якій показані дороги, маршрути, будинки та ін. Вся цифрова інформація має бути представлена у єдиній системі координат, бути точною та постійно оновлюватися.