

*Энергия, 1973. – 384 с. 3. Мокренко П. В., Лазорик М. П., Товкан О. Е. Передавач чотириканальної системи телевізювання енергооб'єктів: Збірник наукових праць Української академії друкарства. – 210. – № 24. – С. 174–180. 4. Мокренко. П. В., Товкан О. Е., Цикало Ю. Б. Чотириканальний приймач системи телевізювання енергооб'єктів: Збірник наукових праць Української академії друкарства. – 211.– № 26. – С. 158–164. 5. Малов В. С., Дмитриев В. Ф. Кодо-импульсные телеизмерительные системы. – М.: Энергия, 1969. – 192 с. 6. Кирианаки Н. В., Мокренко П. В., Леськив И. М. и др. Вопросы теории проектирования передающих систем телемеханики. – К.: УМК ВО, 1991. – 208 с. 7. Цымбал В. П. Теория информации и кодирования. – К.: Вища школа, 1973. – 232 с. 8. Орнатский П. П. Автоматические измерения и приборы. – К.: Вища школа, 1973. – 552 с.*

УДК 681.335 (088.8)

Г. І. Влах-Вигриновська<sup>1</sup>, О. О. Іванюк<sup>1</sup>, І. М. Ковела<sup>1</sup>, Б. В. Рудь<sup>1</sup>  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
<sup>1</sup>кафедра комп'ютеризованих систем автоматики

## ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АВТОМОБІЛЬНИХ GPS-ТРЕКЕРАХ

*О Влах-Вигриновська Г. І., Іванюк О. О., Ковела І. М., Рудь Б. В., 2017*

**Розглянуто способи підвищення точності глобальних навігаційних супутникових систем GPS і ГЛОНАСС на основі використання системи диференціального корегування SBAS, зокрема приділено увагу підсистемам EGNOS та SDCM, які діють над територією України. Запропоновано класифікацію автомобільних трекерів для роботи у складі GPS-систем моніторингу автомобільного транспорту.**

**Ключові слова:** GPS моніторинг автомобільного транспорту, супутникова навігація, диференціальне корегування, точність визначення координат, ГЛОНАСС, SBAS, EGNOS, SDCM, GPS-трекер.

**The article considers ways of increasing the accuracy of global navigation satellite systems GPS and GLONASS based on the use of the SBAS differential correction system, in particular, attention is paid to the EGNOS and SDCM subsystems that operate over the territory of Ukraine. A classification of automobile trackers for work in the GPS system of monitoring of motor transport is offered.**

**Keywords:** GPS monitoring of automobile transport, satellite navigation, differential correction, accuracy of determination of coordinates, GLONASS, SBAS, EGNOS, SDCM, GPS-trackers.

### Вступ

Сучасні реалії вимагають комплексного підходу до оптимізації процесу вантажних перевезень, зокрема підвищеного контролю за їх виконанням. Система моніторингу автомобільного транспорту надасть можливість точно відстежити вантаж під час перевезення та надати замовнику можливість у будь-який момент отримати інформацію про місцезнаходження вантажу та його стан, а компаніям-перевізникам відслідковувати процес пересування свого транспорту, дотримання графіка руху. Для отримання додаткової інформації (контроль за станом вантажу, витратою палива, справністю транспортного засобу) на транспортний засіб встановлюються додаткові датчики, що підключають до GPS/ГЛОНАСС трекера.

Сьогодні існують такі системи моніторингу транспорту:

**GPS.** Основний принцип роботи системи – визначення місцезнаходження вимірюванням моментів часу прийому синхронізованого сигналу від навігаційних супутників антеною споживача [1]. Супутники GPS транслюють сигнал з космосу, і всі приймачі GPS використовують цей сигнал для обчислення свого положення в просторі за трьома координатами в режимі реального часу. Сигнали цієї системи відрізняються високою точністю і швидкістю, похибка маяків не перевищує 2–4 метри.

**ГЛОНАСС.** Принцип роботи аналогічний до системи навігації GPS. Основна відмінність від системи GPS у тому, що супутники ГЛОНАСС в своєму орбітальному русі не мають резонансу (синхронності) з обертанням Землі, що забезпечує їм більшу стабільність. Отже, сукупність космічних апаратів ГЛОНАСС не потребує додаткових коригувань протягом всього терміну активного існування. Проте термін служби супутників ГЛОНАСС помітно коротший. Похибка при визначенні координат об'єкта – до 3–6 метрів.

**GSM.** Існують також системи GSM-позиціонування (LBS). Вони менш точні, ніж GPS/ГЛОНАСС, оскільки визначення відбувається за базовою станцією мобільного оператора, через яку в певний момент пристрій передає інформацію. Одна базова станція може забезпечувати роботу в радіусі 300–800 метрів у місті і до 10 км поза містом. LBS-локацію використовують, коли сигнал із супутника недоступний.

Отже, сьогодні в світі працюють дві основні системи позиціонування: американська GPS і російська ГЛОНАСС. Робота обох систем схожа, і для систем моніторингу рекомендується їх одночасне використання.

Основними складовими системи GPS-моніторингу автотранспорту є:

1. Встановлений в автомобілі GPS-трекер;
2. Віддалений сервер;
3. Віддалені клієнтські термінали (комп'ютер, смартфон).

### **Системи диференціальної корекції**

Слід звернути увагу, що через природу супутникових систем навігації жоден найдосконаліший GPS-приймач не може автономно визначити своє місцезнаходження з точністю понад  $\pm 4\text{--}8$  м, причому ця точність постійно змінюватиметься залежно від геометрії розташування супутників у просторі, від атмосферних умов і від багатьох інших чинників. Переважно така точність позиціонування буде недостатньою навіть для задач навігації. Одним з рішень, що підвищує точність позиціонування систем GPS і ГЛОНАСС на земній поверхні або в навколосупутниковому просторі, є супутникова система широкозонного диференціального корегування (SBAS-Satellite Based Augmentation System), що забезпечує певну територію даними диференціальних поправок, що транслюються з геостационарного супутника.

У системі SBAS застосовано методи покращення характеристик роботи навігаційної системи, такі як точність, надійність і доступність, через інтеграцію зовнішніх даних у процесі розрахунку.

Система SBAS (рис. 1) містить підсистеми: WAAS (США), EGNOS (Європа), MSAS (Японія), GAGAN (Індія), SDCM (Росія). При нинішньому сузір'ї всіх систем SBAS кількість робочих геостационарних супутників на орбіті навколо екватора збільшилася до 13 (кількість збільшуватиметься в майбутньому) і буде розподілена для глобального охоплення (рис. 1). У будь-якій точці світу ми можемо відстежувати як мінімум 2–3 можливі геостационарні супутники, що значно збільшує кількість вимірювань SBAS, отриманих на приймачі. Це значно збільшує кількість SBAS + GPS вимірів, які отримано в приймачі.

Кожна підсистема SBAS забезпечує діапазон сигналів, переданих через геостационарні супутники, диференціальне корегування на значних територіях та додаткові параметри, спрямовані на забезпечення цілісності результату, отриманого користувачем GNSS [2]:

– GEO Ranging: передача GPS-подібних сигналів L1 від геостационарних супутників, щоб збільшити кількість навігаційних супутників, доступних для користувачів.

– Wide Area Differential (WAD): диференціальні поправки до існуючих навігаційних служб GPS/ГЛОНАСС обчислюються в широкій області, щоб поліпшити навігаційні послуги та продуктивність.

– GNSS / Ground Channel Integrity (GIC): цілісна інформація для користувача про наявність GPS/ГЛОНАСС/ГЕО навігаційної служби.

Розглянемо дві системи диференціального корегування, які діють над територією Європи, включаючи і територію України – це EGNOS і SDCM (рис. 1).

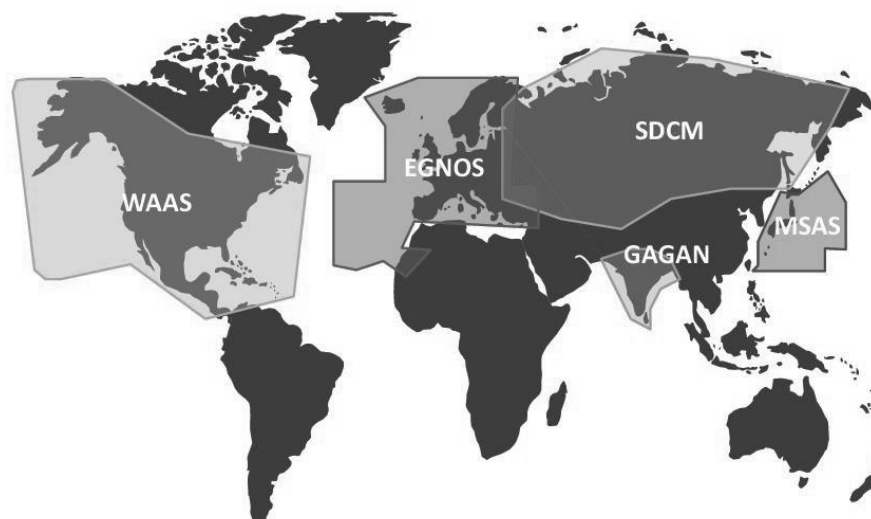


Рис 1. Система SBAS (вже працюють та розвиваються п'ять широкозонних систем диференціального корегування: SDCM, WAAS, EGNOS, GAGAN, MSAS)

EGNOS є європейською геостационарною службою навігаційного покриття та призначена для поліпшення роботи систем GPS, ГЛОНАСС і GALILEO на території Європи як аналог американської системи WAAS.

Основна мета EGNOS – поліпшити точність позиціонування, виправивши джерела помилок, що впливають на сигнали GPS.

Інформація про стан та продуктивність EGNOS та наявність геостационарних супутників надається на веб-сайті підтримки користувачів ESSP [3] або пристрою, обладнаному відповідним приймачем GPS/SBAS.

Область сервісу EGNOS охоплює європейські країни, а найближчі станції EGNOS до України знаходяться в Варшаві та Софії і тому поправки діють якісно лише у західних регіонах України.

На (рис. 2–5) наведено Стенфордські графіки з внесеними поправками з базових станцій моніторингу системи (RIMS) SOFA (Софія) та WRSA (Варшава) і постачаються з веб-сайту EGNOS [3]. З місця розташування станцій спостерігались супутники, наведені у табл. 1.

Таблиця 1

**Супутники SBAS, які спостерігались на станціях RIMS SOFA та WRSA 15.09.2017 р.**

Система	Кодовий метод визначення псевдовіддалі, PRN	Супутник
EGNOS	120	Inmarsat 3-F2
EGNOS	123	Astra 5B

На рисунках: VPE – помилка по вертикалі; HPE – помилка по вертикалі; VPL – вертикальний рівень захисту; NSV – кількість видимих супутників.

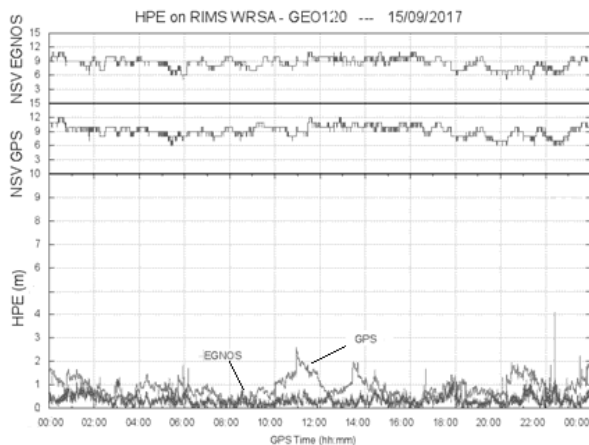


Рис. 2. HPE для станції WRSA  
15.09.2017 (PRN 120)

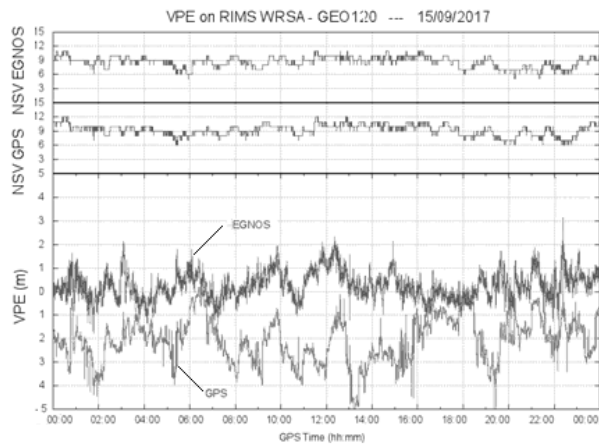


Рис. 3. VPE для станції WRSA  
15.09.2017 (PRN 120)

З графіків на (рис. 2–5) видно, що конфігурація супутника GPS + SBAS не тільки зменшує середні значення PDOP (позиційне зниження точності за місцезнаходженням) приблизно на 30% в порівнянні з GPS, але також зберігає значення DOP (опис геометричного взаєморозташування супутників щодо антени приймача). Це можна пояснити тим, що розташування супутників SBAS змінюється дуже повільно. Загалом, внесок супутників SBAS якісно покращує значення DOP.

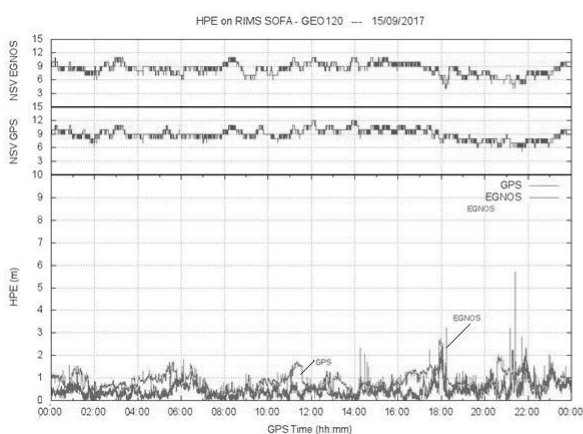


Рис. 4. HPE для станції SOFA  
15.09.2017 (PRN 120)

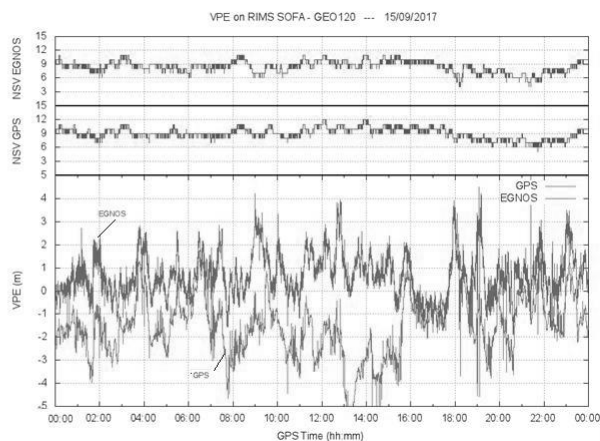


Рис. 5. VPE для станції SOFA  
15.09.2017 (PRN 120)

Також, аналізуючи графіки (рис. 2–5), можна зробити висновок про те, яка з базових станцій моніторингу системи – (RIMS) SOFA (Софія) чи WRSA (Варшава) – надаватиме точнішу інформацію для відповідних західних областей України.

Наступною системою підвищення точності позиціонування, яка працює над територією України (згідно з рис. 1), є російська система диференціального корегування і моніторингу (SDCM) із трьома штатними супутниками системи “Луч” [4].

SDCM вирішує завдання оцінювання якості функціонування двох космічних навігаційних систем ГЛОНАСС і GPS та використовує апостеріорний моніторинг, оперативний моніторинг і розрахунок координат за допомогою програми веб-сайту для пристроїв, які підтримують російську систему диференціального корегування [3, 4].

Розглядаючи SDCM, проаналізуємо дані апостеріорного та оперативного моніторингу, які надає веб-сайт [2], обчислимо середнє значення помилки вимірювання для кожного супутника. Отримані розрахунки наведено у табл. 2 та табл. 3 для ГЛОНАСС та GPS відповідно.

Середнє значення помилки вимірювання для ГЛОНАСС

Номер супутника	1	6	13	18	24
Середнє значення помилки вимірювання	6,665667	5,919333	5,769	6,120333	5,109333

Таблиця 3

Середнє значення помилки вимірювання для GPS

Номер супутника	1	8	16	24	32
Середнє значення помилки вимірювання	7,397333	6,762	5,060333	6,758333	6,792333

Як видно з графіків, значення помилки вимірювань для кожного супутника не завжди однозначні. На значення помилки вимірювань завжди впливає ряд факторів. Аналізуючи графіки, можна зробити висновок про те, який супутник буде давати більш точну інформацію. Це дасть змогу відмовитися від використання супутників, що дають найбільші помилки вимірювань, що спричинить підвищення точності вимірювань псевдовіддалей.

### Класифікація автомобільних GPS-трекерів

Одним з основних компонентів системи позиціонування є GPS-трекер, який здійснює прийом-передачу даних для супутникового моніторингу та контролю різноманітних об'єктів, зокрема автотранспорту. Для точного визначення місцезнаходження об'єкта використовується глобальна і локальна системи позиціонування. GPS-трекер розташовується на об'єкті, за яким ведеться спостереження (моніторинг) та визначає його місцезнаходження за допомогою GPS-приймача [4]. Нижче запропоновано класифікацію GPS-трекерів, і така градація дає змогу краще орієнтуватися у всьому різноманітті цих пристроїв для того, щоб вибрати такий пристрій, який буде більш затребуваним у певній ситуації (рис. 5).

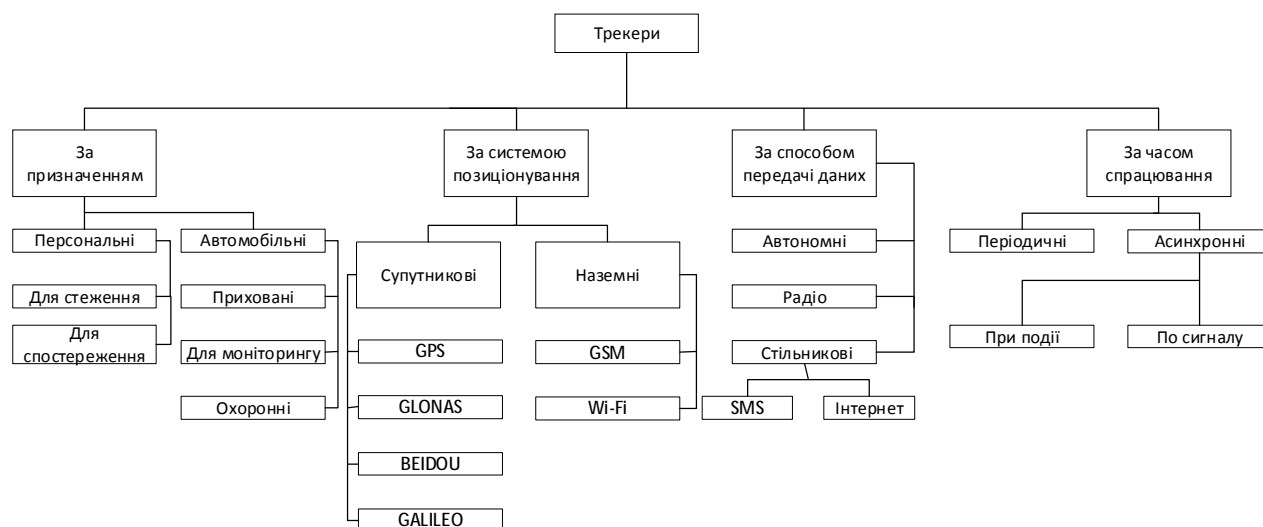


Рис. 5. Класифікація трекерів

Автомобільні трекери класифікуються:

1. За призначенням:

- персональні – зазвичай призначені для індивідуального використання;
- приховані – стеження за чужим автомобілем;
- охоронні – в складі автосигналізації або як окремий модуль, розміщений в автомобілі;

- для моніторингу – системи централізованого спостереження за транспортом.
- 2. За системою позиціонування:
  - 2.1. Супутникові: GPS (Америка); Глонасс (РФ); Галілео (Європа); Beidou (Китай).
  - 2.2. Інші – визначити місцерозташування можна і без супутникової системи (за вишками стільникових операторів, точками wi-fi та ін.)
- 3. За способом передавання інформації:
  - автономні – зберігають історію на вбудованій (чи зовнішній) карті пам'яті;
  - стільникові – передають інформацію про своє місцезнаходження на приймальну сторону через мережі стільникових операторів: SMS; Інтернет (GPRS / EDGE-трекери); радіо (RF-трекери); інші (супутникові);
- 4. За часом спрацьовування:
  - періодичні – відпрацьовують кожну секунду або хвилину, годину, раз за декілька днів, тижнів і т. д.
  - Асинхронні – спрацьовують за заданої умови:
    - спрацьовують при події – зміна місцерозташування, отримання сигналу від своїх датчиків або автомобіля і т. д.
    - спрацьовують за сигналом – наприклад, віддалене управління трекером зі стільникового телефону, коли трекер постійно мовчить і прокидається тільки за sms-командою.

Оскільки основним вузлом трекера є приймач, то під час розроблення автомобільного трекера слід обрати приймач, який би підтримував системи позиціонування ГЛОНАСС/GPS та систему диференціального корегування (SBAS), яка забезпечить суттєве покращення характеристик роботи трекера. Як приймач можна використати модель приймача “ГеоС-3”, який повністю відповідає наведеним вище вимогам [5, 6].

### Висновки

У результаті проведених досліджень та аналізу підсистем диференціального корегуванням EGNOS і SDCM розглянуто способи підвищення точності глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) ГЛОНАСС та GPS. Як канал передавання корегувальної інформації та цілісності даних використано супутникову лінію зв'язку або Інтернет. EGNOS і SDCM дають змогу підвищити точність визначення місцерозташування користувача ГНСС та контролювати цілісність системи. У роботі досліджено визначення похибок псевдодальності з використанням програми EGNOS і SDCM. На підставі отриманих результатів можна зробити висновки про те, який супутник дає точні дані про визначення псевдодальності. Це дає змогу відмовитися від використання супутників, що дають найбільші помилки вимірювань, що в підсумку підвищує точність вимірювання координат користувача. Виявлено переваги використання SDCM споживачами ГНСС та умови для її застосування.

Під час розроблення автомобільного трекера доцільно використати приймач, який підтримує системи позиціонування GPS/ГЛОНАСС, а також працювати із сигналами супутникової системи диференціального корегування (SBAS), що дасть змогу швидше і точніше визначити координати об'єкта в тих місцях, де це неможливо зробити з використанням лише однієї із систем.

1. *Abuot Satellite Navigation. – Режим доступу: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Navigation/About\\_satellite\\_navigation](http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/About_satellite_navigation).* 2. *Pisonero Berges, “The EGNOS SBAS Message Format Explained”, Internet- Режим доступу: <http://www.navipedia.net/>, 22 February 2013.* 3. *Discover EGNOS Internet- Режим доступу: [https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new\\_egnos\\_ops/](https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/).* 4. *Режим доступу: <http://uk.sansursuzwikipedia.org/>.* 5. *Пушкарев О. И. Контрольный ГЛОНАСС-приемник на базе навигационного модуля “ГеоС-1М” // Беспроводные технологии. – 2011. – № 3.* 6. *Копылов А. В. Новинка от Sierra Wireles. GSM-модуль SL6087 // Электронные компоненты. – 2010. – № 9.*