

АЛЬТЕРНАТИВНІ НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ НА БАЗІ НАНОСУПУТНИКІВ

Явіся В.С., Лисенко О.І., Тимофєєв Є.М.

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*

E-mail: yavisya42@gmail.com

ALTERNATIVE NAVIGATION SYSTEMS BASED ON NANOSATELLITES

The safety of land and air transportation depends to a large extent on the quality of satellite navigation systems. Interference in signal transmission or coding can cause serious emergencies. One of the ways to increase the autonomy of navigation is to use nanosatellite constellations that reduce dependence on global navigation systems.

В умовах сьогодення визначення місцезнаходження різноманітних об'єктів здійснюється шляхом використання супутникових навігаційних систем. Їх функціонування є ключовим фактором для забезпечення безпеки руху як надводних, так і повітряних суден. Все більшого поширення набувають сервіси, що дозволяють контролювати вантажні перевезення та відстежувати транспортні засоби. Навігаційні додатки на мобільних гаджетах значним чином спрощують процедуру пошуку об'єктів за відомим адресом та знаходження оптимальних маршрутів. Таким чином, якість роботи навігаційних систем безпосередньо впливає не лише на безпеку, але й на рівень комфорту та якість життя сучасного суспільства.

Підвищення точності, надійності та стабільності навігаційних систем можливе завдяки поступовій інтеграції аеронавігаційних систем різних країн у єдину глобальну мережу, що є одним із ключових аспектів глобалізації світової економіки. Такий підхід відповідає Глобальній експлуатаційній концепції, розробленій Міжнародною організацією цивільної авіації (ICAO – International Civil Aviation Organization). Концепція передбачає перехід на сучасні технології CNS/ATM (Communication, Navigation and Surveillance/Air Traffic Management – зв'язок, навігація, спостереження та управління повітряним рухом) та об'єднання аеронавігаційних систем окремих країн у єдину мережу [1].

Технологія CNS/ATM базується на активному використанні Глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS – Global Navigation Satellites System) для навігаційного супроводу повітряних суден на всіх етапах польоту. Впровадження цієї концепції передбачає поступове скорочення ролі наземних навігаційних засобів як основних джерел координатної інформації [1].

Системи GNSS надають можливість високоточного визначення місцезнаходження об'єктів на значних територіях, що значно перевищує функціональні можливості наземних навігаційних засобів. Проте використання лише супутникових технологій як основного джерела

навігаційних даних супроводжується низкою ризиків, які можуть суттєво вплинути на безпеку польотів, надійність транспортних перевезень та роботу телекомунікаційних мереж, що використовують безпілотні літальні апарати. Основними факторами ризику є [1]:

- низький рівень енергетичної потужності навігаційних сигналів, що підвищує вразливість GNSS-приймачів до активних радіозавад як природного, так і штучного походження.
- можлива монополізація GNSS окремими країнами, що може призвести до навмисного погіршення якості навігаційних показників, кодування або відключення сигналів у разі виникнення політичної або економічної нестабільності.
- глобальний характер GNSS обумовлює високу залежність від окремих елементів системи (космічних апаратів, наземних станцій керування тощо), що може спричинити масштабні збої у функціонуванні системи в різних регіонах планети.

Для мінімізації потенційних негативних наслідків необхідно створення альтернативних навігаційних систем, які можуть виступати в якості основних, резервних або додаткових засобів позиціонування. Такі системи, відповідно до положень концепції CNS/ATM, мають відповідати наступним вимогам [1]:

- наявність функціональних можливостей, аналогічних GNSS, у частині навігаційного забезпечення.
- забезпечення точності визначення координат, яка не поступається показникам GNSS.
- повна незалежність від супутникових систем GNSS у процесі функціонування.
- можливість інтеграції з перспективними супутниковими системами для підвищення точності, цілісності, безперервності та експлуатаційної готовності в різних географічних районах.

Необхідність створення альтернативних засобів аеронавігації, незалежних від GNSS, є очевидною. Зниження впливу зазначених негативних факторів може бути досягнуто шляхом реалізації комплексу заходів, що включають [1]:

- застосування спеціалізованих алгоритмів, які ґрунтуються на комбінованих методах визначення просторових координат у багатопозиційних системах;
- використання методів синхронізації без залучення атомних еталонів часу та даних GNSS;
- оптимізацію просторового розташування радіомаяків;
- формування складних сигналів із унікальними індивідуальними характеристиками;
- використання сучасної елементної бази, що забезпечує компактність, високу обчислювальну потужність та енергоефективність апаратури;

- створення бортових багатофункціональних приймачів, сумісних з пристроями GNSS, що мінімізує необхідність конструктивних змін в наявному обладнанні або дозволяє повністю їх уникнути.

Для більшості країн світу ризик втрати сигналів навігації унаслідок їх відключення або шифрування з боку монополістів GNSS (GPS, ГЛОНАСС) залишається актуальним. Збереження незалежності в таких умовах можливе лише шляхом розгортання власних навігаційних систем. Одним із перспективних напрямів є використання угруповань наносупутників (НС). Завдяки порівняно низькій вартості створення та виведення на орбіту, кількість елементів такої системи може бути значною. Це, разом із синхронізацією випромінюваних сигналів, забезпечить достатній енергетичний рівень сигналу на вході приймача навіть за умов активних навмисних радіоперешкод.

В умовах складної радіоелектронної обстановки підвищення енергетики навігаційних сигналів у заданій зоні може бути досягнуто завдяки використанню спрямованих антен на борту НС та забезпеченню необхідного просторового положення супутників.

Орієнтація супутників традиційно здійснюється за допомогою двигунів-маховиків та магнітних виконавчих органів, проте такі системи не забезпечують можливість зміни орбіти. Найбільш ефективним рішенням є комбінована система управління, що поєднує магнітні котушки для стабілізації та орієнтації, а також іонні двигуни [2].

Надкомпактні іонні двигуни застосовуються для корекції орбіти НС, вони дозволяють значно подовжити термін служби апаратів. Робоча маса зберігається всередині двигуна в рідкому вигляді, а при виході через мікроскопічний отвір іонізується та прискорюється в електричному полі [3, 4].

Таким чином, створення власної навігаційної системи на основі угруповання НС із комбінованою системою управління, синхронізацією сигналів, орієнтацією та стабілізацією просторового положення дозволить підвищити незалежність України в галузі аеронавігації.

Література

1. Monitoring System and Fixed Communication on the Basis of Nanosatellites. Lysenko, A., Yavisya, V., Alekseeva, I., Tureichuk, A. 2018 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018 - Proceedings, 2019, pp. 495–498, 8632097. DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632097.
2. Явіся В.С. Гібридна система орієнтації телекомунікаційних наносупутників // Тринадцята міжнародна науково-технічна конференція «Перспективи телекомунікацій». Матеріали конференції. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2019. – С. 273-275.
3. Adam Zewe. MIT engineers develop a fully 3D-printed electrospray engine // <https://news.mit.edu/2025/mit-engineers-develop-fully-3d-printed-electrospray-engine-0212>.
4. Innovation News Network // <https://www.innovationnewsnetwork.com/deploying-compact-fuel-efficient-satellite-engine-space/17036>.