

## МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОЇ РОБОТИ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ НА БАЗІ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

**Явіся В.С.**

*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна*

*E-mail: yavisya@bigmir.net*

### **Methods to ensure sustainable operation of sensor networks based on unmanned aerial vehicles**

Quality work sensor networks when using unmanned aerial vehicles (UAV) is possible only when the exact positioning of the UAV in space. Discusses the problematic aspects and possible methods to solve this problem, including when deploying their own navigation system based on grouping of nanosatellites.

Якісна робота сенсорних мереж залежить від варіанта реалізації телекомунікаційної складової, що у більшості застосувань таких мереж повинна забезпечити підтримку мобільності сенсорів, а також своєчасну доставку інформації від них. Виконання таких вимог можливо при використанні безпілотних літальних апаратів (БПЛА). У цьому випадку необхідно вирішувати завдання, пов'язані із забезпеченням руху БПЛА по обумовленій поточними умовами траєкторії. Успішне рішення такого завдання фактично гарантує виконання сенсорною мережею покладених на неї функцій у повному обсязі. Однак, на жаль, саме тут можуть виникнути труднощі, зв'язані зі стабільністю каналу керування БПЛА. У найгіршому випадку, тобто при відсутності керування, здійснюється перехід на автономний режим польоту, організований відповідно до закладеного алгоритму по заданій заздалегідь траєкторії. У свою чергу його ефективна реалізація можлива, як правило, тільки за умови точного позиціонування БПЛА в просторі.

В загалі, остання умова буде виконаною при реалізації одного з аспектів процесів глобалізації світової економіки, що складається в поетапному створенні до 2025 року світової аеронавігаційної системи відповідно до Глобальної експлуатаційної концепції Міжнародної організації цивільної авіації ICAO (від англ. ICAO – International Civil Aviation Organization). Передбачається, що Росія й США, будучи глобальними гравцями, здійнять інтеграцію своїх аеронавігаційні системи у світову, що припускає перехід до перспективної техніки й технологій концепції CNS/ATM (від англ. Communication, Navigation and Surveillance/Air Traffic Management – зв'язок, навігація, спостереження/організація повітряного руху) [1].

В теперішній час вимоги CNS/ATM орієнтовані на використання на всіх етапах польоту повітряних судів (ПС) Глобальних навігаційних супутникових систем GNSS (від англ. GNSS – Global Navigation Satellites System) с поступовим усуненням потреби в наземних засобах [2].

Системи аеронавігації GNSS (GPS, ГЛОНАСС й ін.) дозволяють визначати координати об'єктів на великих територіях з високою точністю. Їх можливості значно ширше, ніж у систем на базі наземних засобів. Однак застосування супутникової навігації GNSS як єдиного засобу одержання аеронавігаційної інформації несе в собі значні ризики, що може відбитися на безпеці польотів, стабільності перевезень, а також роботі сенсорних мереж, що базуються на БПЛА. До основного із цих ризиків можна віднести наступні [3]:

- у силу енергетичної слабості прийнятих навігаційних сигналів абонентські термінали GNSS уразливі для постановників активних радіоперешкод, як навмисних, так і ненавмисних;

- монополізація володінням GNSS (GPS, ГЛОНАСС – військові відомства) не виключає того, що доступна точність навігаційних показників може бути навмисно погіршена, навігаційні сигнали можуть бути закодовані або навіть відключені при зміні міжнародної обстановки;

- внаслідок глобального характеру GNSS локальний вплив на окремі елементи систем (космічні апарати, наземні пункти керування й ін.) здатний унеможливити використання авіації й систем керування повітряним рухом у значній частині земної кулі.

Для нейтралізації можливих негативних наслідків необхідна наявність альтернативних GNSS засобів, використовуваних у якості основних, додаткових або резервних.

При цьому, з урахуванням положень CNS/ATM, вони повинні відповідати наступним основним вимогам [2]:

- мати аналогічними з GNSS функціональними можливостями по забезпеченню навігації;

- точність визначення місця розташування повинна бути не гірше, ніж у систем, побудованих на базі GNSS;

- бути повністю незалежними від даних GNSS;

- забезпечувати можливість інтеграції з перспективними системами на базі GNSS для поліпшення показників точності, цілісності, безперервності й експлуатаційній готовності в різних територіальних районах.

На 12-й Аеронавігаційній конференції ICAO (Монреаль, Канада, 19-30 листопада 2012 р.) було заявлено про необхідність створення альтернативних стосовно GNSS наземних засобів аеронавігації. Однак у цей час, на ринку системи такого класу поки не представлені.

Значне зниження впливу зазначених негативних факторів досягається шляхом реалізації ряду дій, що включають застосування [3]:

- комплексу спеціально розроблених алгоритмів, що базуються на нових комбінованих способах визначення просторових координат у багатопозиційних системах;

- спеціальних методів синхронізації системи без використання модулів атомного еталона часу й координат часу GNSS;

- оптимального просторового конфігурування радіомаяків;

- складних сигналів із заданими індивідуальними ознаками;

- сучасної електронної компонентної бази, що забезпечує мінімізацію вагогабаритних характеристик устаткування й високу обчислювальну потужність вирішальних пристроїв;

- технології створення бортових багатофункціональних приймачів, сполучених з обладнанням GNSS, що дозволяє звести до мінімуму обсяг необхідних конструктивних доробок на борту ПС, а в деяких випадках забезпечити їх повну відсутність.

Наземні засоби аеронавігації, будучи альтернативою системам GNSS, все ж таки не зможуть виконувати свої функції в умовах потужних радіоперешкод. Крім того їх ефективне застосування є обмеженим деякою просторовою областю.

Для переважної більшості країн світу реальною загрозою залишається варіант втрати навігаційних сигналів у випадку їхнього відключення або кодування відповідними монополістами GNSS (наприклад GPS, ГЛОНАСС).

Очевидно, що в даній ситуації залишитися незалежним від GNSS можна при розгортанні власної навігаційної системи. Така можливість з'являється, коли мова йде про використання угруповання наносупутників (НС). Завдяки їх відносно невисокої вартості створення й виводу на орбіту, кількість елементів такої системи може бути досить великою, що за умови забезпечення синхронізації випромінюваних сигналів дозволить створити їх достатній енергетичний рівень на вході приймача, навіть в умовах застосування активних навмисних радіоперешкод.

У складної, стосовно наявності перешкод, обстановці, за умови використання спрямованих антен на борту НС, значно збільшити енергетику навігаційних сигналів у заданій області також можливо шляхом рішення завдання забезпечення необхідного керованого просторового положення НС. Існуючі методи й способи орієнтації й стабілізації, які можна застосувати до НС, найчастіше не дозволяють досягти необхідної точності просторового положення. Однак, можливим рішенням у даній ситуації є застосування методів теорії оптимального керування.

Таким чином, для забезпечення стійкої роботи сенсорних мереж на базі БПЛА, а також незалежності України в сфері аеронавігації, досить перспективним напрямком є розгортання власної навігаційної системи, що базується на угрупованні НС, за умови рішення завдань синхронізації випромінюваних сигналів, орієнтації й стабілізації просторового положення НС із необхідною точністю.

## Література

1. Doc. 9750-AN/963. Глобальный аэронавигационный план применительно к системам CNS/ATM. – Изд. 2-е. – Монреаль: ICAO, 2002.
2. Системы CNS/ATM: учеб. пособие / Сост. В.А. Казаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ульяновск: УВАУ ГА, 2008. – 103 с.
3. Кузьминский А.В. Вопросы создания новых систем аэронавигации // Мобильные телекоммуникации – № 2 – М.: «Профи-Пресс», 2014. – С. 10-11.