

**ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ГЛОБАЛЬНОГО
ПОЗИЦІОНУВАННЯ В БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ**

Артем Іщенко

*Науковий керівник: Олена Горіна,
доцент кафедри фізики та хімії горіння
к. пед.н., доцент*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Здійснено аналіз використання технології GPS для визначення місцеположення безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

**FEATURES OF USING THE GLOBAL POSITIONING SYSTEM IN UNMANNED
AERIAL VEHICLES**

Artem Ishenko

*Scientific supervisor: Olena Horina,
Associate Professor of the Department of Physics and Chemistry of Combustion
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Lviv State University of Life Safety*

У більшості країн безпілотні літальні апарати (БПЛА) використовуються міністерствами надзвичайних ситуацій (МНС) та їх аналогами і виконують наступні функції:

- безпілотний дистанційний моніторинг лісових масивів, з метою виявлення лісових пожеж;
- моніторинг та передавання даних з причини радіоактивного та хімічного зараження місцевості та повітряного простору у певній зоні;
- інженерна розвідка районів вражених повінню, землетрусом або інших стихійним лихом;
- виявлення та моніторинг льодових заторів чи розливу річок;
- моніторинг стану транспортних магістралей, нафто- та газопроводів, ліній електропередач та інших об'єктів;
- екологічний моніторинг водних акваторій та берегової лінії;

Одним зі способів орієнтування (навігації) в просторі БПЛА є застосування систем глобального позиціонування, які базуються на використанні угруповання супутників. Основні навігаційні супутникові системи наступні: NAVSTAR GPS (США), GLONASS (РФ), GALILEO (Євросоюз), BEIDOU (Китай) та регіональні навігаційні системи NavIC (Індія) і QUASI-ZENITH (Японія). В роботі досліджується найбільш викритуовувана система GPS.

Глобальна система позиціонування (ГСП) – це радіонавігаційна супутникова система для визначення місцезнаходження стаціонарних і мобільних об'єктів у трьох координатах (довгота, ширина, висота) зі заданою точністю.

Система глобального позиціонування GPS (англ. Global Positioning System) була розроблена Міністерство оборони Сполучених Штатів Америки виключно у військових цілях і використовувалася для передачі сигналів, які могли прийматися одночасно у всіх точках світу. GPS є електронно-технічною системою, яка складається з сукупності наземного і космічного обладнання і призначена для визначення місця розташування висоти і географічних координат, а також параметрів руху: напрямку руху, пройдений шлях, поточна і максимальна швидкість і т.д. для водних наземних і повітряних об'єктів. Тому, всю глобальну навігаційну супутникову систему прийнято ділити на три сегменти: космічний сегмент, сегмент контролю і управління, сегмент користувачів.

Космічний сегмент сучасної системи містить 24 супутники та 8 резервних, що знаходяться на орбіті, на висоті 20200 км. Кожен супутник виконує за день два оберти навколо Землі (один оберт за 11 год 58 хв, швидкість обертання ≈ 3 км/с). Вони описують 6 орбітальних траєкторій, на кожній із яких знаходиться 4 і більше супутників. Завдяки цьому, в будь-якій точці земної кулі, протягом 24 годин у межах прийому GPS-приймача будуть мінімум 4 супутники. Всі космічні апарати випромінюють закриті і відкриті сигнали з кодовим поділом каналів (CDMA). Середня точність навігації за рахунок самої системи (без урахування помилок приймального обладнання) становить близько 1 м.

Послуга точного позиціонування реалізується за допомогою випромінювання усіма космічними апаратами орбітального угруповання GPS навігаційних радіосигналів в діапазонах L1 (1575,42 МГц) і L2 (1227,60 МГц), модульованих далекомірним P (Y)-кодом (10,23 МГц).

Управління орбітальним угрупованням GPS здійснює космічне командування ВПС США, що включає декілька пунктів керування, із стратегічної точки зору розташованих у різних регіонах планети: Гавайські острови, острів Кваджалейн у південній частині Тихого океану, острів Дієго-Гарсія в Індійському океані і на острові Вознесіння в Атлантичному океані. Головна станція керування знаходиться на військовій базі Шрівері в Колорадо Спрингз, штат Колорадо.

Сегмент користувачів включає GPS обладнання, що використовується цивільним і військовим персоналом. Цивільні GPS-приймачі знаходять широке використання в різних галузях зокрема як системи позиціонування в просторі.

Визначення координат GPS-приймача базується на обчисленні відстані від нього до кількох супутників, чий точні позиції відомі. Це здійснюється за допомогою обчислення часової затримки поширення радіосигналу від супутника до приймача. Вимірювання часу, необхідного для поширення сигналу, дозволяє обчислити пройдений шлях. Приймачі працюють у пасивному режимі та самостійно визначають свої координати, без передавання їх іншим.

Обчислення відстані за допомогою GPS-приймача здійснюється за допомогою виразу:

$$d = c \cdot \Delta t,$$

де d – відстань до супутника,

c – швидкість поширення світла у вакуумі (повітрі) (близько 299792458 м/с),

Δt – часова затримка між передаванням і прийманням сигналу.

Використання системи глобальної системи позиціонування (GPS) в керуванні безпілотними літальними апаратами має низку особливостей, які необхідно враховувати для забезпечення надійної та точної навігації. Однією з особливостей є вплив різних факторів на потужність сигналу GPS, отриманого БПЛА. Відстань від супутників є одним із таких факторів, оскільки потужність сигналів GPS зменшується зі збільшенням відстані, що може ускладнювати отримання точних навігаційних даних. Крім того, фізичні завади, такі як будівлі, дерева та інші об'єкти, можуть блокувати або значно послаблювати сигнали GPS, що надходять на приймач БПЛА, призводячи до втрати фіксації сигналу та збоїв у навігації.

Іншою особливістю є явище багатопроменевих перешкод. Окрім прямого сигналу від супутників, приймач БПЛА також може приймати сигнали, відбиті від різних поверхонь, таких як вода, дахи будівель або земля. Ці відбиті сигнали можуть створювати багатопроменеві завади, які поєднуються з прямим сигналом, викликаючи помилки в розрахунках позиції та знижуючи точність навігації систем керування БПЛА. Ці наслідки можуть бути критичними для завдань, які вимагають високої точності.

Для зменшення цих проблем при розробленні БПЛА застосовують різні методи. Використання високоякісних антен та підсилювачів сигналу допомагають покращити приймання слабких сигналів GPS та зменшити вплив завад. Інтеграція GPS з іншими навігаційними сенсорами, такими як інерційні вимірювальні пристрої або системи комп'ютерного зору, забезпечують резервні навігаційні дані у випадку втрати сигналу. Застосування методів

оброблення сигналів, таких як фільтрація, вирівнювання та адаптивні алгоритми, допомагають зменшити вплив багатопроменевих перешкод та інших спотворень. Методи диференціальної корекції GPS, такі як DGPS або RTK, можуть покращити точність позиціонування, компенсуючи атмосферні ефекти та інші джерела помилок.