

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ЦІЛЕЙ З БПЛА РОЗВІДУВАЛЬНОГО ТИПУ

Я. О. Воробей¹, В. М. Степаненко¹

¹ Навчально-науковий Фізико-технічний інститут

Анотація

У роботі досліджено різноманітні сигнальні системи, використовувані для визначення координат з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) розвідувального типу. У роботі проведено порівняльний аналіз таких систем, пасивні методи, такі як супровід цілі з оптично-електронних систем. Кожен метод оцінено з точки зору його переваг та обмежень у визначенні координат цілей, точності вимірювань, вартості та складності впровадження. Висвітлено різноманітні аспекти кожного методу, такі як потужність сигналу, можливості вимірювання дальності та здатність працювати в умовах обмежень, таких як маневровність цілей або територіальні перешкоди.

Ключові слова: БПЛА, розвідка, пасивні методи визначення координат і відстані, регулюючий пристрій, НЦ – наземна/надводна ціль, ЛВ – лінія візування СК – система координат

Вступ

Зростаюча потреба в надійних та ефективних системах розвідки та моніторингу призводить до широкого застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в різних галузях, включаючи військове, цивільне та комерційне використання. Завдяки їхній можливості здійснювати віддалені спостереження, збирати і передавати дані з великої висоти і недоступних для земних засобів, БПЛА стали невід'ємною складовою сучасних систем розвідки та моніторингу. Проте, разом з розширенням їхнього застосування, зростає і необхідність в розробці та вдосконаленні сигнальних систем для визначення їхніх координат та параметрів руху.

1. Використання теплової камери для пасивного визначення напрямку на ціль

Для того щоб БПЛА могли визначати напрям на ціль – кути напрямку на ціль відносно осі польоту БПЛА. Для цього пропонується використати інфрачервону (ІЧ) камеру (теплову камеру) для визначення напрямку на об'єкт відносно БПЛА. (див. рис. 1). Подібним чином виконується самонаведення протитанкових керованих ракет 3 покоління типу FGM-148 Javelin.

Інфрачервоне випромінювання – електромагнітне випромінювання, що охоплює спектральну область між червоною межею видимого світла з довжиною хвилі $\lambda = 700$ нм (частота близько 430 ТГц) та мікрохвильовим випромінюванням з довжиною хвилі $\lambda \approx 1$ мм (частота близько 300 ГГц). Для виконання завдання наведення протитанкові керовані ракети оснащуються інфрачервоною головкою самонаве-

дення. Вона представляє собою оптико-електронну систему, призначену для визначення цілі на навколишньому фоні і передачі в апаратуру управління сигналу відстеження, а також для вимірювання і видачі в автопілот сигналу кутової швидкості лінії візування.

Під час польоту, інфрачервоне випромінювання цілі попадає в оптику головки та на чутливі матриці. Якщо пляма зібраного випромінювання знаходиться не по центру матриці датчику сприйняття – виникають керуючі сигнали для повертання рулів.

На сучасних БПЛА є можливість розташування багатьох сенсорів та видів озброєння. В тому числі сенсори, які сприймають інфрачервоне випромінювання. На БПЛА встановлюється подібний сенсор, який буде сприймати ІЧ випромінювання від цілі та передавати кути відхилення від осі польоту БПЛА. Маючи координати БПЛА та кути відхилення – визначається напрямок на ціль, через рівняння прямої за координатами точки та кутовими коефіцієнтами (направляючими векторами).

Розташування в повітрі двох БПЛА дає рівняння двох прямих у просторі за наведеним методом, а обчислення їх точки перетину надасть координати цілі. Для цього необхідно звести усі координати в одну систему. Тобто усі БПЛА, база, прямі та цілі в одній системі відліку.

2. ГЛОНАСС-системи для визначення координат цілей з БПЛА

ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система) – це російська супутникова навігаційна система, яка використовується для визначення положення, швидкості та часу в будь-якому місці на Зем-



Рис. 1. Блок камер БПЛА Bayraktar TB2

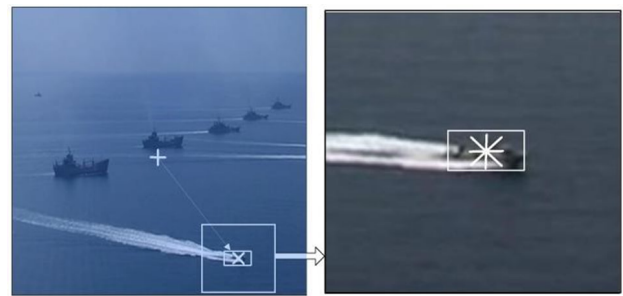


Рис. 2. Захоплення і супроводження цілі

лі. Система складається з 24 супутників, які обертаються навколо Землі на висоті близько 19 100 км. Супутники оснащені точними атомними годинниками, які дозволяють їм надсилати сигнали з відомою точністю.

Для визначення координат з безпілотного літального апарату (БПЛА) за допомогою ГЛОНАСС система працює наступним чином: спочатку, апарат отримує радіосигнали від супутників ГЛОНАСС, які надають інформацію про їх положення в просторі та час. Після цього, вимірюється час, необхідний для того, щоб сигнал від супутника досягнув апарату, і за допомогою відомої швидкості поширення сигналів визначається відстань від БПЛА до кожного супутника. Далі, шляхом трилатерації, що базується на відомих відстанях до кількох супутників та їхніх географічних координатах, визначається точне місцезнаходження БПЛА у тривимірному просторі. При цьому також враховується висота, на якій знаходиться апарат, щоб отримати тривимірні координати. Отримані дані обробляються вбудованим комп'ютером за допомогою спеціальних алгоритмів, а результати можуть бути використані для виконання різноманітних завдань, таких як розвідка, картографування або пошук і рятування. Такий підхід дозволяє отримувати точні дані про місцезнаходження апарату у тривимірному просторі, що робить його важливим інструментом для багатьох застосувань, включаючи військове, цивільне та комерційне використання [1].

Точність ГЛОНАСС залежить від декількох факторів, включаючи: Точність атомних годинників на супутниках Точність вимірювання часу приймачем Стан іоносфери, яка може спотворювати сигнали супутників Точність ГЛОНАСС зазвичай становить від 10 до 100 метрів. Однак існує ряд технологій, які можуть поліпшити точність ГЛОНАСС, включаючи: Дифференційна ГЛОНАСС (DGPS) – ця технологія використовує додаткові станції на землі для виправлення помилок, які можуть виникати в сигналах супутників.

3. Визначення координат з використанням GPS

GPS – це розшифровка Global Positioning System, що є системою супутників, яка використовується для визначення місцезнаходження на Землі. Систе-

ма складається з 31 супутників, які розташовані на орбіті навколо Землі на висоті близько 20 000 кілометрів. Позиціонування і навігація з використанням систем позиціонування у безпілотних літальних апаратах БПЛА має велике значення для ефективного виконання розвідувальних місій та точного визначення координат цілей на поверхні Землі. Цільове визначення на землі є однією з ключових функцій, яку виконують БПЛА в розвідувальних операціях, і для цього використовуються різні системи позиціонування.

Однією з найбільш поширених і надійних систем ПЗ для визначення координат є глобальна система позиціонування. GPS забезпечує точне визначення географічних координат БПЛА на основі сигналів, які надходять від супутників у космосі. За допомогою GPS, БПЛА може встановлювати своє місцезнаходження з високою точністю та надійністю, що дозволяє точно визначати координати цілей на поверхні Землі.

Крім GPS, існують інші системи позиціонування, такі як ГНСС (глобальна навігаційна супутникова система), GLONASS (російська аналогічна система до GPS), а також системи позиціонування на основі радіолокації, оптичних датчиків та інерціальної навігації. Кожна з цих систем має свої переваги і обмеження, і вибір конкретної системи залежить від вимог до розвідувальної місії, умов оточення, бюджету та інших факторів.

При визначенні координат цілей на поверхні Землі, БПЛА може використовувати інтеграцію даних з різних датчиків та систем позиціонування. Наприклад, комбінування даних від GPS та оптичних датчиків може забезпечити вищу точність визначення координат у місцях з обмеженим доступом супутникового сигналу, таких як ущелини або вузькі вулиці. Також може бути використана інтеграція з системами визначення висоти, що дозволяє отримати тривимірні координати цілей на місцевості з різним рельєфом.

У висновку, ефективне визначення координат цілей на поверхні Землі з використанням систем позиціонування у БПЛА є ключовим елементом для забезпечення успішної розвідувальної дія [2].

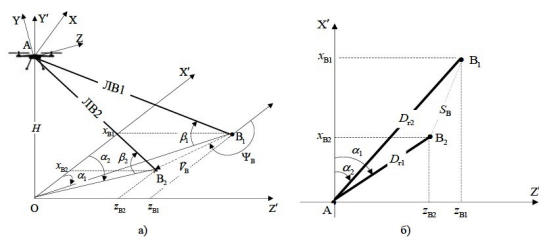


Рис. 3. Геометрична модель визначення координат

4. Визначення координат цілі пасивними методами

Одним з методів пасивного визначення координат – є метод супроводу цілі з ОЕС на БПЛА (камери) в реальному часі (див. рис. 2). У процесі польоту БПЛА виявляють задану НЦ на послідовності відеокадрів ОЕС. Далі виконують центрування зображення НЦ на відеокадрі, для цього керують лінією візування (ЛВ) ОЕС таким чином, щоб центр зображення мети (X) завжди був у центрі відеокадру (+). Після виконання захоплення та у процесі супроводу НЦ, у фіксовані моменти часу вимірюють кут місця та азимут і НЦ, а також висоту польоту БПЛА [3].

Однак, у процесі польоту та виконання завдань координатометрії НЦ, БПЛА може маневрувати відповідно до своїх технічних характеристик, а також може знадобитися визначення координат НЦ щодо бази, при цьому база, також буде переміщатися щодо БПЛА та НЦ. Тоді для обліку таких особливостей потрібна розробка відповідної геометричної моделі.

Таким чином, необхідно визначити координати та параметри руху НЦ щодо БПЛА та рухомої бази з урахуванням різномірних переміщень БПЛА та прямолінійного переміщення бази (рис. 3).

Висновки

Визначення координат цілей з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) розвідувального типу є критично важливою функцією в сучасній військовій та цивільній сферах. У даній роботі було ретельно проаналізовано різні методи визначення координат

з БПЛА, зокрема за допомогою GPS, ГЛОНАСС, оптико-електронних систем та інших.

Результати дослідження показали, що кожен з цих методів має свої переваги та обмеження. Наприклад, система GPS забезпечує високу точність визначення координат у відкритих просторах, але може мати обмежену ефективність у ущільнених міських середовищах або під навісами. З іншого боку, оптико-електронні системи можуть забезпечити високу точність в будь-яких умовах, але їхнє функціонування може бути обмежене погодними умовами або обмеженою видимістю.

Під час аналізу було виявлено, що комбінування різних систем позиціонування та інтеграція даних може значно підвищити точність та надійність визначення координат. Наприклад, використання GPS та оптичних датчиків може забезпечити високу точність в будь-яких умовах, а інтеграція з іншими системами позиціонування може підвищити стійкість до перешкод або забезпечити резервні методи визначення координат у випадку відмови основних систем. Отже, визначення координат цілей з БПЛА розвідувального типу є складним завданням, яке вимагає уважного аналізу різних методів та їхнього використання в конкретних умовах. Інтеграція різних систем позиціонування та пошук оптимального балансу між точністю, надійністю та ефективністю може допомогти досягти успішного визначення координат цілей з БПЛА.

Перелік використаних джерел

1. Huang L., Lo Presti B., Motella M. P. Assessing and estimating risk of operating unmanned aerial systems in populated areas. — 2011.
2. Kerns A. J., Wesson K. D., Humphreys T. E. A blueprint for civil GPS navigation message authentication. — 2014.
3. Pagot O., Julien P. and Thevenon F., Fernandez M. C. Fear the Reaper: Characterization and Fast Detection of Card Skimmers. — 2018. — URL: https://www.researchgate.net/publication/299570659_GNSS_spoofing_and_detection.