

## **ВПЛИВ ШВИДКОСТІ РУХУ БПЛА НА ТОЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ПАСИВНИМ СОДАРОМ**

Голозубов Р.О., к.т.н., доц. Олейніков В.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки,

кафедра МІРЕС, м. Харків, Україна

email: d\_res@nure.ua

**Abstract.** Using the method of simulation modeling, the influence of the speed of movement of the UAV on the accuracy of determining the coordinates is analyzed. The source of this error is the Doppler effect.

Виявлення та визначення координат малих безпілотних літальних апаратів (БПЛА) ускладнюється їх низькою помітністю як в електромагнітному, так і в оптичному діапазоні довжин хвиль, а також особливістю траєкторії їх польоту. Акустичні методи спостереження забезпечують виявлення та визначення координат БПЛА практично у будь-яких погодних умовах незалежно від часу доби [1]. Пасивний метод акустичної локації визначення координат має деякі обмеження, які можна досліджувати методом імітаційного моделювання. Удосконалення методів пеленгації БПЛА шляхом прийому та обробки їх акустичних сигналів є актуальним завданням.

Для вимірювання кутових координат джерела акустичного випромінювання БПЛА у пасивних содарах використовується масив мікрофонів різної конфігурації, який дозволяє приймати акустичні сигнали і отримувати первинні координати. Використовуючи функцію взаємної кореляції поміж сигналами у кожній вимірювальній базі можна визначити напрямок на джерело акустичного випромінювання.

У залежності від вигляду первинних координат, що визначають, розрізняють кутомірний, різницево-дальновимірний і комбінований методи. Різницево-дальновимірний метод або метод гіперболічного позиціонування забезпечує вимірювання кутових координат і дальності до джерела випромінювання. Для реалізації різницево-дальновимірного методу визначення просторових координат використовується не менш як чотири мікрофона, які дозволяють отримати три незалежних різниці дальностей до джерела випромінювання. Геометричне місце точок для двовимірного випадку, яке відповідає визначеній різниці часу приходу до двох мікрофонів, - це гіпербола, а місце розташування джерела випромінювання на площині - це точка перетину двох гіпербол.

Для перевірки ефективності алгоритму, який застосовується, для розрахунку координат содара створена імітаційна модель пересування БПЛА у просторі та формування широкосмугового акустичного випромінювання. Для проведення розрахунків вводяться розміри, орієнтація баз та місце розташування содара. У процесі моделювання

безперервно, для кожної дискрети часу, розраховуються затримки акустичного сигналу, які з'являються під час прийому сигналу, у кожному мікрофоні мікрофонної решітки пасивного содара.

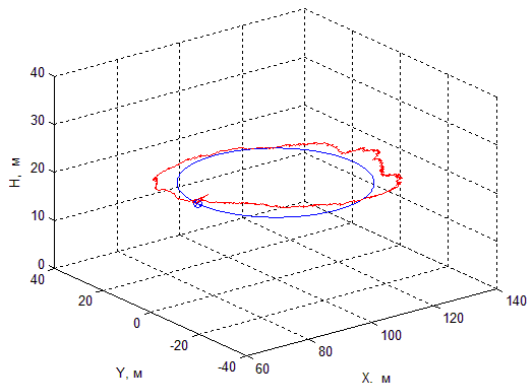


Рисунок 1

траєкторні параметри руху БПЛА у імітаційній моделі та результати розрахунку координат БПЛА за даними содара, можна отримати значення абсолютних значень похибки алгоритму, який використовується, для визначення місця розташування і умов проведення модельного експерименту.

Задамо у модельному експерименті рух БПЛА по колу радіусом 25 м, віддалення центру кола від содара 100 м, висоту польоту 20 м, тривалість польоту 5 с, швидкість руху 31,4 м/с. Максимальна швидкість руху квадрокоптера DJI Phantom 3 PRO складає 20 м/с, але у модельному експерименті, для отримання більш виражених результатів, можна задати більш високі значення швидкості. Так, на рис.1 представлені результати, отримані у моделі пасивного содара. Задана траєкторія - синій колір лінії, вимірена содаром - червоний колір лінії. Спостерігається помітне відхилення траєкторії, яка вимірена содаром, від заданої у експерименті. Кругова траєкторія руху БПЛА трансформується у еліптичну. З підвищенням швидкості відмінності зростають. Причиною цього явища є ефект Доплера. Це відбувається тому, що радіальні швидкості джерела звуку відносно двох мікрофонів вимірювальної бази содара різняться з-за розносу мікрофонів у просторі. Відповідно, існує різниця швидкостей Доплера між першим і другим мікрофонами для кожної пари мікрофонів вимірювальної бази содара. Це, у свою чергу, приводить до додаткового зсуву положення ВКФ і модифікації координат, визначених содаром.

### Список використаних джерел.

1.Kartashov V.M., Oleynikov V.N, Sheyko S.A., Babkin S.I., Koryttsev I.V., Zubkov O.V., Anokhin M.A. Information characteristics of sound radiation of small unmanned aerial vehicles. Telecommunications and Radio Engineering (English translation of *Elektrosvyaz and Radiotekhnika*), V.77(10), 2018, pp. 915-924.