УДК 629.7.054.07

*Бобков Юрій Володимирович, к.т.н., доцент*
*Гальчинська Марія Андріївна, студентка;*
*КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна*

# СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ НАВІГАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗА ВІЗУАЛЬНИМИ ОРІЄНТИРАМИ

**Вступ.** Точне визначення положення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) на сьогоднішній день є актуальною задачею. В більшості випадків вона вирішується за допомогою супутникових навігаційних систем, наприклад таких, як GPS або ГЛОНАСС. В окремих випадках доступ до цих систем може бути обмеженим, або відсутнім за рахунок особливостей рельєфу, наявності природніх або штучних завад, тощо. В таких випадках застосовуються безплатформні інерційні навігаційні системи (БІНС), які в БПЛА побудовані за MEMS-технологією та мають значні похибки, і, відповідно, не забезпечують необхідну точність визначення поточного положення. Вирішення цієї проблеми можливе за рахунок застосування систем технічного зору (СТЗ).

**Постановка проблеми.** Застосування СТЗ для керування автономним рухом БПЛА можливе на основі різних методів. Одним з таких методів є побудова маршруту руху за допомогою алгоритму SLAM [1]. Однак застосування цього методу потребує значних обчислювальних потужностей, що не завжди доступні в малих БПЛА, та є ефективним при інтеграції з супутниковою навігаційною системою.

Іншим розповсюдженим варіантом є застосування для вирішення задач навігації СТЗ та певних наперед заданих об’єктів з відомими параметрами [2,3]. При цьому на перше місце виступають питання вибору або побудови відповідних візуальних навігаційних орієнтирів, застосування алгоритмів обробки зображень та методів розпізнавання образів.

Метою даної роботи є розробка системи визначення навігаційних параметрів БПЛА на основі отриманої від СТЗ інформації, її попередньої обробки та розпізнавання зображення заданого візуального навігаційного

орієнтира з відомими координатами.

**Методологія досліджень.** Для досягнення поставленої цілі було обрано методи інженерно-технічного проєктування та структурного аналізу. Було розроблено структурну схему системи, що представлена на рис. 1.

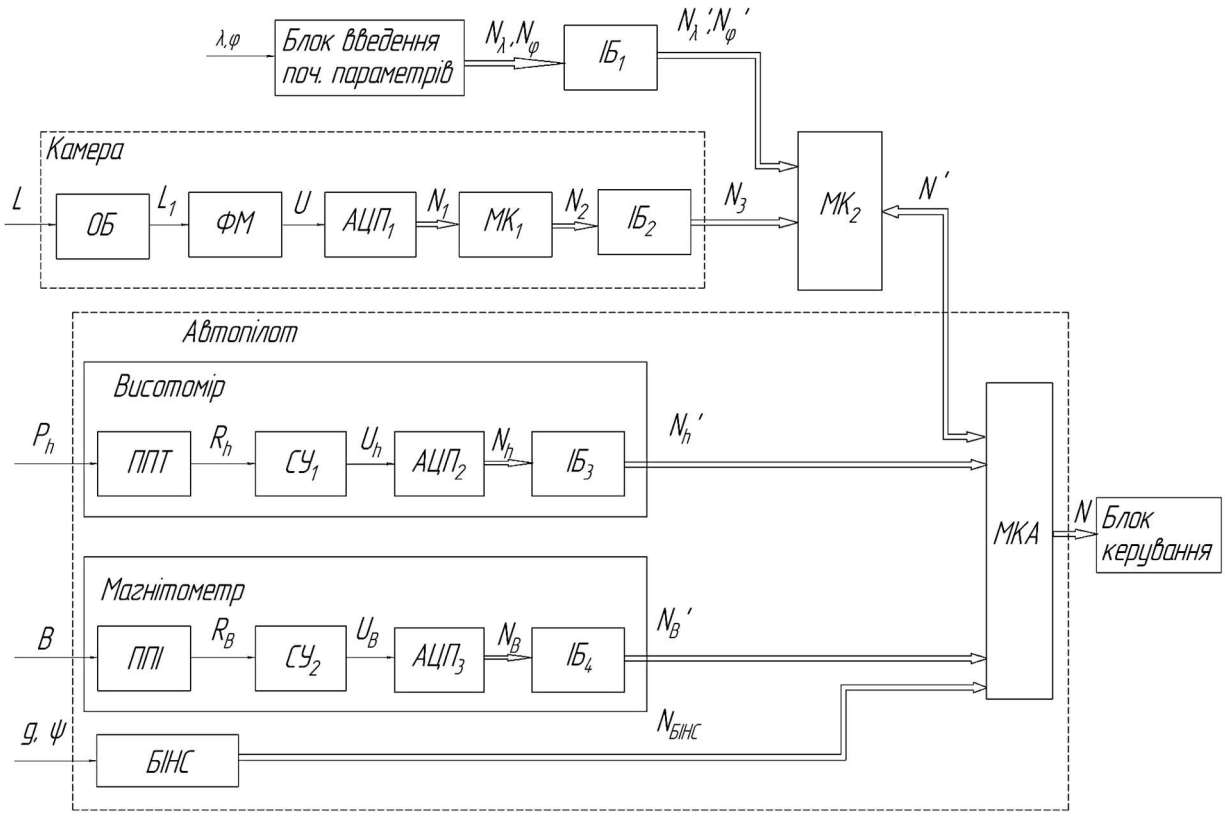


Рис. 1 Структурна схема системи

Одним з основних елементів системи є СТЗ, що складається з фото-відеокамери (далі камери) та мікроконтролера $МК_2$. Камера в свою чергу складається з оптичного блоку ОБ, фотоматриці ФМ, аналого-цифрового перетворювача $АЦП_1$, мікроконтролера $МК_1$ та інтерфейсного блоку $ІБ_2$. Мікроконтролер $МК_2$ проводить обробку інформації, що надходить з камери. Блоку введення початкових параметрів призначений для введення інформації про навігаційні орієнтири. та мікроконтролеру. До автопілоту входять: мікроконтролер автопілота МКА, висотомір, магнітометр і безплатформна інерційна навігаційна система БІНС. Висотомір в свою чергу складається з первинного перетворювача тиску ППТ, схеми узгодження $СУ_1$, аналого-

цифрового перетворювача АЦП$_2$, та інтерфейсного блоку ІБ$_3$. До складу магнітометра входять первинний перетворювач індукції магнітного поля ППІ, схема узгодження СУ$_2$, аналого-цифровий перетворювача АЦП$_3$, та інтерфейсний блок ІБ$_4$.

Після розпізнавання на зображенні від СТЗ заданого візуального навігаційного орієнтиру (ВНО) визначається (рис. 2) відстань $b$ до нього, висота $h$ польоту БПЛА за висотоміром, кути $\alpha$ (шляхом розрахунку) та $\beta$ (за результатами вимірювань магнітометром).

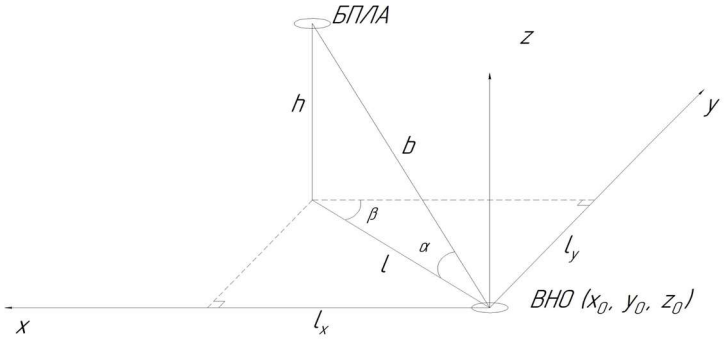


Рис. 2. Схема взаємного розташування БПЛА та ВНО

Поточні координати БПЛА розраховуються відносно координат ВНО за формулами:

$$X_{\text{БПЛА}} = b\cos\alpha\cos\beta + x_0;$$
$$Y_{\text{БПЛА}} = b\cos\alpha\sin\beta + y_0.$$

Ці розрахунки покладені в основу алгоритмів обробки інформації мікроконтролерами.

**Результати.** За результатами аналізу структурної схеми (рис.1) були отримані рівняння перетворення та похибок, що дозволило вивести необхідні співвідношення та розрахувати основні параметри блоків. За результатами розрахунків для розробленої системи було запропоновано використовувати серійні промислові блоки. Параметри розробленої системи значною мірою залежать від потужності мікроконтролера МК$_2$, який реалізує основний програмно-алгоритмічний комплекс по обробці зображення та реалізує алгоритми розпізнавання образів. При застосуванні в якості МК2

мікрокомп'ютера типу Raspberry Pi 4 Model B, швидкість обробки буде достатньою для мультикоптерів з невеликими швидкостями польоту.

Значна увага в роботі приділена також розробці алгоритмів обробки візуальної інформації, включаючи розпізнавання візуальних навігаційних орієнтирів.

**Висновки.** Розроблена система визначення навігаційних параметрів за візуальними орієнтирами з урахуванням обраних технічних рішень дозволяє при габаритних розмірах візуального навігаційного орієнтира 5…15 м та максимальній відстань до нього 1500 м отримати розрахункове значення похибки визначення координат БПЛА в межах 5 %.

**Джерела**

1. Munguía, Rodrigo & Urzua, Sarquis & Bolea, Yolanda & Grau, Antoni. – Vision-Based SLAM System for Unmanned Aerial Vehicles. – Sensors – 2016.
2. Sinopoli, B., Micheli, M., Donato, G., and Koo, T. J., "Vision based Navigation for an Unmanned Aerial Vehicle," In Proceedings of the Proceedings 2001 ICRA. IEEE International Conference on Robotics and Automation; Volume 1722, pp. 1757–1765.
3. Workman, S., Souvenir, R., and Jacobs, N., Wide-area image geolocalization with aerial reference imagery, Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, 2015, pp. 3961–3969.