

## **КОМПЛЕКСУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ З НАВІГАЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ БПЛА**

**Вступ.** Сучасний стан розвитку характеризується проникненням у всі сфери людської діяльності різноманітних безпілотних літальних апаратів (БПЛА). В більшості випадків застосовуються невеликі за розміром БПЛА, в яких в якості навігаційної системи застосовують безплатформні інерційні навігаційні системи (БІНС) невисокої точності. Підвищення точності та достовірності визначення положення БПЛА потребує додаткових засобів та є дуже актуальною задачею.

**Постановка проблеми.** Підвищення точності БІНС БПЛА можливо різними шляхами [1]. Одним з найбільш поширених є комплексування БІНС з іншими навігаційними системами, зокрема супутниковими навігаційними системами, радіолокаційними та візуальними (оптичними) [2,3].

Найчастіше використовується комплексування з супутниковими навігаційними системами, наприклад, GPS. Основним недоліком такої системи в умовах автономного польоту є відсутність (втрата) GPS сигналів в окремих районах, та суттєва залежність від зовнішніх завад, в тому числі штучних [2].

В цьому плані більш прийнятними є візуальні (оптичні) системи, що використовують системи технічного зору (СТЗ) та алгоритми розпізнавання образів. Для уточнення за їх допомогою положення БПЛА використовуються різноманітні навігаційні орієнтири [3].

Проте слід зазначити, що хоч питання застосування СТЗ в вирішенні навігаційних задач розглянуті в багатьох роботах, але всі вони в більшості випадків направлені на розробку програмно-алгоритмічних комплексів. Апаратна частина проаналізована недостатньо.

Метою роботи є вирішення задачі комплексування системи технічного зору з навігаційною системою БПЛА.

**Методологія досліджень.** В даній роботі обрано методи аналітично-структурного аналізу та інженерно-технічного проектування.

Була розроблена структурна схема СТЗ, що комплексована з БІНС (рис. 1). До складу системи входять такі основні блоки:

- камера СТЗ, що включає оптичний блок ОБ; фотоматрицю ФМ; блок узгодження БУ; аналого-цифровий перетворювач АЦП; мікроконтролер МК1, інтерфейсний блок ІБ;

- БІНС, до складу якої входять акселерометр, гіроскоп, магнітометр та барометричний висотомір;
- мікроконтролер МК2, що виконує обробку інформації від БІНС та камери СТЗ, реалізує алгоритми розпізнавання образів та керування рухом БПЛА.

Оскільки БІНС зазвичай є серійним промисловим компонентом, який в більшості випадків входить до складу стандартного польотного контролера БПЛА, основна увага в роботі приділялась розробці СТЗ.

**Результати.** За результатами аналізу структурної схеми СТЗ (рис.1) були складені рівняння перетворення та рівняння похибок, що дозволило вивести необхідні співвідношення та розрахувати основні параметри блоків СТЗ.

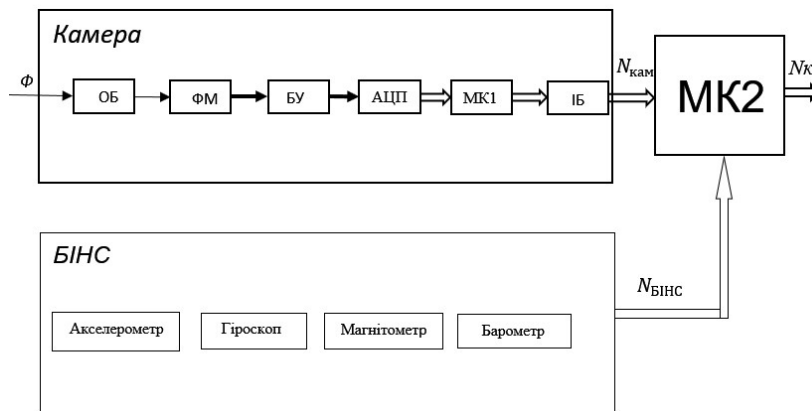


Рис. 1. Структурна схема системи

Так, для отримання похибки 5 % при визначенні параметрів навігаційного орієнтира з лінійними розмірами до 5 м на відстані 500 м необхідна фотоматриця з кількістю пікселів по вертикалі не менше 3000 та загальною роздільною здатністю не менше 12 Мп. Таким параметрам відповідає, наприклад, промислова камера GoPro Hero8.

Параметри розробленої системи значною мірою залежать від продуктивності МК2, який реалізує основний програмно-алгоритмічний комплекс. В якості МК2 за мінімальними вимогами може застосовуватись Raspberry Pi 4 Model B. Слід зазначити, що швидкість обробки в цьому випадку буде достатньою для БПЛА мультироторного типу з невеликими швидкостями польоту. Для БПЛА самольотного типу з високими швидкостями переміщення слід використовувати більш потужні мікрокомп'ютери.

Значна увага в роботі була приділена також розробці алгоритмів обробки візуальної інформації, включаючи розпізнавання навігаційних

орієнтирів.

**Висновки.** Розглянуті питання комплексування СТЗ та БІНС БПЛА. Запропонована структурна схема системи згідно з проведеними розрахунками дозволяє отримати похибку визначення параметрів БПЛА за допомогою СТЗ на рівні 5 %, що дозволяє забезпечити корекцію похибок БІНС у автономному польоті. Запропоновано алгоритми обробки інформації для СТЗ при визначенні параметрів навігаційного орієнтира.

#### Джерела

1. Матвеев В. В. Основы построения безплатформовых инерционных навигационных систем / В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. - СПб: ДНЦ РФ ВАТ "Концерн "ЦНД "Электроприлад", 2009. - 280 с.
2. Majdik, A.L., Verda, D., Albers-Schoenberg, Y., and Scaramuzza, D., Air-ground matching: Appearance-based GPS-denied urban localization of micro aerial vehicles, Journal of Field Robotics, 2015, 32(7):1015–1039.
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.