

УДК 004

*Ковбасюк С.В., д.т.н., с.н.с.,**Українець М.О., аспірант**Державний університет «Житомирська політехніка»*

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ БЕЗПІЛОТНОГО ПОВІТРЯНОГО СУДНА В УМОВАХ НЕДОСТУПНОСТІ ГЛОБАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ

Виконання навігації безпілотного повітряного судна (БПС) у складі безпілотного авіаційного комплексу (БпАК) включає в себе вирішення підзавдань з визначення та контролю дотримання маршруту. Для вирішення підзавдання контролю дотримання маршруту важливим аспектом є визначення координат поточного місцезнаходження (локалізації) БПС. Системи навігації сучасних БПС залежать від глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) для отримання координат поточного місцезнаходження. Проте, точність позиціонування за допомогою ГНСС не дозволяє виконувати завдання покладені на БПС в несприятливих умовах [1] з необхідною ефективністю. Протиріччя має місце між вимогами до ефективності виконання завдань, покладених на БПС, та наявним методичним та алгоритмічним забезпеченням для визначення координат місцезнаходження БПС в умовах недоступності ГНСС.

Метою дослідження є визначення підходу до вирішення завдання локалізації БПС в умовах недоступності ГНСС.

Підхід до локалізації БПС залежить від даних, які БПС здатне отримувати за допомогою бортових датчиків під час польоту. Поширеним підходом до визначення місцезнаходження рухомих об'єктів на основі даних інерційного вимірювального пристрою (ІВП) є метод числення координат. Проте, використання даного підходу для локалізації БПС в умовах недоступності ГНСС не забезпечить достатньої точності через накопичення похибки з часом. Зображення з бортових камер є джерелом геопросторових даних, які використовуються для вирішення завдання локалізації. У роботах [2] та [3] дослідники реалізували системи візуальної навігації БПС. Система, описана в роботі [2], використовує геоприв'язані супутникові знімки, карти висот, зображення з бортової камери БПС та дозволяє визначати його координати незалежно від пори року, у яку здійснюється політ. Однак, запропонована система не працюватиме коректно, якщо висота польоту буде низькою або завдання виконуватиметься на місцевості без чітких візуальних орієнтирів чи перепадів висот. Система, описана в

роботі [3], працюватиме некоректно в складних погодних умовах та за наявності інших чинників погіршення видимості, наприклад, задимлення.

Враховуючи наявні недоліки систем візуальної навігації, для підвищення ефективності локалізації БПС в умовах недоступності ГНСС слід застосувати гібридний підхід, який поєднує в собі візуальну навігацію за допомогою геоприв'язаних супутникових знімків, метод числення координат на основі даних з ІВП та планування маршруту з руху з урахуванням особливостей місцевості.

Перед польотом на наземній станції БпАК слід виконати планування маршруту з урахуванням особливостей місцевості, щоб мінімізувати ризик прольоту над ділянками без візуальних орієнтирів. У разі неможливості скласти маршрут допустимої довжини без однотипних ділянок, слід використовувати метод числення координат на основі даних ІВП. Альтернативою цьому є набір висоти БПС для збільшення ймовірності визначення візуальних орієнтирів. При цьому слід запровадити механізм прийняття рішень з огляду на умови польоту, запас енергії, довжину маршруту тощо для визначення альтернативного способу отримання координат місцезнаходження БПС. Запропонований гібридний підхід до локалізації БПС дозволить покращити ефективність виконання завдань в умовах недоступності ГНСС.

Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку методичного та алгоритмічного забезпечення гібридного підходу локалізації БПС на основі візуальної навігації, методу числення координат та планування маршруту руху.

Список використаних джерел:

1. Ковбасюк С. В., Українець М. О. Планування траєкторії польоту безпілотного повітряного судна в несприятливих умовах. Тези XV Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології»: Тези міжнар. науково-техн. конф., м. Житомир, 28 берез. 2025 р. Житомир, 2025. С. 183–184. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/04/povnyj-tekst.pdf>.

2. A seasonally invariant deep transform for visual terrain-relative navigation / A. T. Frago et al. Science robotics. 2021. Vol. 6, no. 55. P. eabf3320. URL: <https://doi.org/10.1126/scirobotics.abf3320> (date of access: 20.11.2025).

3. Gurgu M.-M., Queralta J. P., Westerlund T. Vision-based GNSS-Free Localization for UAVs in the Wild. ICMERR 2022 conference proceedings: Conference Proceedings, Krakow, 9 December 2022. 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2210.09727>