

УДК 629.735.33:681.5

Василевський Д.В., здобувач,

Кравчук А.Р., доцент

Державний університет «Житомирська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ БЕЗПЛОТНИМИ АПАРАТАМИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ТРИВАЛИХ МІСІЙ

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) набули широкого застосування у задачах моніторингу, картографування, пошуково-рятувальних операціях, сільському господарстві та системах технічного спостереження. Разом із розширенням сфер їх використання зростають вимоги до тривалості автономного польоту, надійності виконання місії та раціонального використання бортового енергетичного ресурсу. Одним із головних обмежень ефективності БПЛА залишається обмежена ємність акумуляторних батарей, а збільшення запасу енергії за рахунок зростання маси елементів живлення не завжди є доцільним, оскільки це погіршує льотні характеристики платформи. У зв'язку з цим особливою актуальністю набуває розроблення методів керування, які забезпечують мінімізацію енерговитрат без втрати якості виконання польотного завдання.

У межах дослідження виходимо з того, що енергоспоживання БПЛА визначається не лише параметрами силової установки, а й профілем швидкості, інтенсивністю маневрування, стабілізаційними відхиленнями, зовнішніми збуреннями та структурою маршруту. Одним із ключових чинників енергоефективності є швидкість польоту. Залежність питомих енерговитрат від швидкості має нелінійний характер і зазвичай містить мінімум, що відповідає енергоефективному режиму. На малих швидкостях зростають витрати на підтримання стійкості та підйомної сили, а на великих – аеродинамічні втрати через збільшення лобового опору. Цю залежність наведено на рис. 1. Отже, вибір швидкості поблизу мінімуму питомих енерговитрат є важливою умовою підвищення тривалості місії.

Важливим напрямом підвищення енергоефективності є також оптимізація траєкторії руху. Раціональне планування маршруту дає змогу скоротити довжину шляху, зменшити кількість зайвих маневрів і врахувати вплив рельєфу, вітрових збурень та обмежень повітряного простору. Для цього можуть застосовуватися методи динамічного програмування, генетичні та евристичні алгоритми, орієнтовані на мінімізацію енерговитрат за збереження безпеки польоту та часових вимог місії.

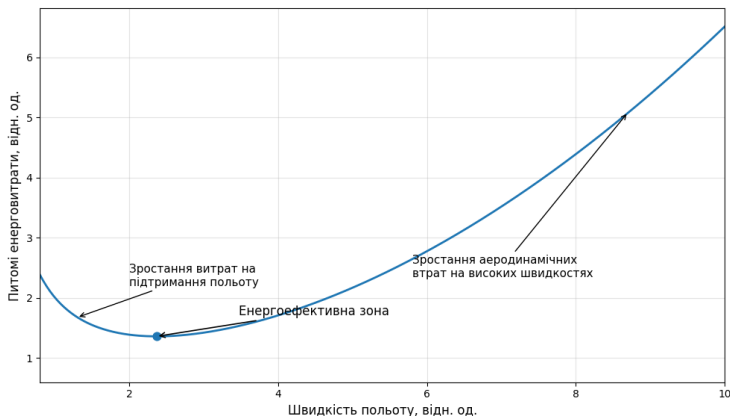


Рис. 1. Залежність питомих енерговитрат БПЛА від швидкості польоту

Перспективним напрямом є застосування адаптивних систем керування, здатних змінювати параметри польоту відповідно до поточного стану БПЛА та зовнішніх умов. На основі даних інерціальних, навігаційних, барометричних і аерометричних датчиків система може коригувати швидкість, просторове положення та режими роботи двигунів для зниження енерговитрат. Додатковий ефект забезпечує використання методів машинного навчання, що дають змогу прогнозувати енергоспоживання та формувати ефективні стратегії керування з урахуванням попередніх польотних даних.

Підвищення енергоефективності БПЛА під час тривалих місій досягається завдяки поєднанню оптимального швидкісного режиму, раціональної траєкторії, адаптивного керування та інтелектуального аналізу польотної інформації. Реалізація цих підходів сприяє збільшенню тривалості автономної роботи, підвищенню надійності виконання місії та зменшенню навантаження на бортову енергосистему. Подальші дослідження доцільно зосередити на розробленні інтегрованих систем прогнозування енергоспоживання в реальному часі.

Список використаних джерел:

1. Zeng Y., Xu J., Zhang R. Energy Minimization for Wireless Communication with Rotary-Wing UAV. arXiv, 2018. arXiv:1804.02238. URL: <https://arxiv.org/pdf/1804.02238>
2. Beigi P., Rajabi M. S., Aghakhani S. An Overview of Drone Energy Consumption Factors and Models. arXiv, 2022. arXiv:2206.10775. URL: <https://arxiv.org/pdf/2206.10775>