УДК 623.746-519:621.383.4

І. В. Первак, В. Д. Бондарчук, Г. М. Тимчук

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ СИСТЕМ НА БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ В ТЕМНУ ПОРУ ДОБИ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ

Анотація. *Розглянуто залежність ефективності роботи тепловізійної камери безпілотного літального апарата (БпЛА) під час роботи в темну пору доби від факторів навколишнього середовища та технічних особливостей камери. Описано вплив різниці температур навколишнього середовища, погодних умов, висоти польоту та технічних характеристик камери. Запропоновано шляхи покращення ефективності ведення повітряної розвідки та ідентифікації об'єктів, а також оптимізація роботи оператора БпЛА під час виконання бойових завдань.*

Ключові слова: *безпілотний літальний апарат, тепловізійна камера, повітряна розвідка в темну пору доби, тепловий контраст, виявлення цілей.*

Abstract. *The dependence of the nighttime operational efficiency of an unmanned aerial vehicle (UAV) thermal imager on environmental factors and camera technical features is examined. The influence of temperature differences, weather conditions, flight altitude, and camera quality is described. Ways to improve the efficiency of reconnaissance and object identification, as well as to optimize the operator's performance during combat missions, are proposed.*

Keywords: *unmanned aerial vehicle, thermal imager, night reconnaissance, thermal contrast, target detection.*

У сучасних умовах БпЛА широко застосовуються для ведення повітряної розвідки та коригування вогню артилерійських систем. Більшість завдань виконується вночі, коли звичайна камера нічого не бачить. Тепловізійна камера не потребує світла, бо реєструє тепло, яке випромінюють об'єкти, саме тому вона стала головним засобом для розвідки вночі. Проте результат роботи тепловійних сенсорів камери залежить від багатьох чинників, які не завжди враховуються екіпажами БпЛА під час підготовки до польоту.

Більшість тепловізійних камер на БпЛА функціонує в діапазоні випромінювання 8–14 мкм, яке добре проходить через повітря. На тактичних БпЛА зазвичай використовують камери із матрицями розміром від 320×256 до 640×512 пікселів без додаткового охолодження. Камери із матрицями з охолодженням бачать краще, але вони важчі, коштують дорожче та споживають більший заряд акумуляторної батареї, тому на тактичних БпЛА їх майже не використовують.

Тепловізійна камера бачить об'єкти за умови, коли той помітно відрізняється за температурою від навколишнього теплового фону. Чим більша різниця температур, тим більша ймовірність помітити об'єкти. Для оцінки дальності до об'єкту часто використовують критерій Джонсона. Його суть проста: чим більше пікселів зображення припадає на об'єкт, то легше його впізнати. Щоб лише помітити ціль, потрібно небагато пікселів, щоб визначити її тип необхідно значно більше пікселів. Тому з великої висоти ціль можна побачити як світлу пляму, але не зрозуміти, що це саме за об'єкт. Важливий і розмір пікселя на землі. Чим вища висота польоту БпЛА, тим більшу ділянку на землі охоплює кадр, але менше пікселів припадає на один об'єкт. Наприклад, з великої висоти танк виглядає, як яскрава точка невеликого розміру. Ураховуючи зазначене оператору важливо поставити пріоритети – він хоче знайти ціль чи точно її розпізнати.

Під час роботи вночі потрібно враховувати певні особливості, а саме зміну різниці температур між об'єктами і фоном вночі. Земля, дерева та будівлі втрачають тепловий слід з різною швидкістю. Увечері та на світанку їх температура може збігатися, і техніка стає майже непомітною для сенсорів камери нічного бачення. Туман, дощ, сніг і висока вологість погіршують видимість, тому дальність виявлення зменшується. Крізь скло та густе гілля тепловізійні сенсори також майже нічого не бачать. Потрібно враховувати, що противник маскує техніку одразу після бойової роботи, а саме: накриває її спеціальними термосітками й накидками, ховає в будівлях і укриттях, тим самим зменшує помітність теплових сигнатур двигуна, що працював. Також ворог може ставити хибні цілі, які нагріваються й схожі на справжні. Через це оператор БпЛА може витратити зайвий час на марні пошуки і знижувати заряд акумуляторної батареї. На додаток, на якість зображення впливають коливання БпЛА під час польоту, слабкий рівень зв'язку і стиснення відео під час передачі.

З метою підвищення ефективності ведення повітряної розвідки і зменшення впливу особливостей роботи камери в темну пору доби пропонується наступне:

під час планування польоту врахувати огляд великої території з більшої висоти, а потім знизитися й уважно роздивитися підозрілі місця; уникати ранкового і вечірнього часу, коли предмети й земля мають однакову температуру; камеру на об'єкти направляти під кутом;

поєднувати використання тепловізійної і звичайних камер із лазерним далекоміром. Хибна ціль, яка гріється, зазвичай виглядає інакше на іншій камері, тому її легше відрізнити від справжньої;

покращення зображень за допомогою сучасних програм, які роблять зображення чіткішим та контрастнішим, прибирають шум і вирівнюють відео. Так оператор витрачає менше часу на пошук і менше помиляється;

використання додаткових програм, які працюють на основі нейромереж і можуть самостійно знаходити цілі на відео, яке передається з БпЛА. Це економить час для пошуку та ідентифікації цілі і збільшує ефективність роботи системи;

Також простим але ефективним є рішення складання екіпажами БпЛА за досвідом виконання завдань коротких пам'яток про ефективні висоти польоту БпЛА для пошуку та розпізнавання об'єктів, час доби з найкращою видимістю та дієві способи розпізнавання хибних цілей, що допоможе операторам БпЛА прискорити набуття позитивного досвіду виявлення об'єктів, особливо вночі та зменшить кількість помилок під час бойової роботи.

Отже, результат ведення повітряної розвідки з використанням тепловізійної камери в темну пору доби залежить не лише від якості та характеристик камери на БпЛА. Важливі також такі фактори, як різниця температур, погодні умови, висота польоту, якість маскування противника та підготовка оператора БпЛА. Жоден засіб окремо не вирішує проблему повністю. Найкращий результат дає поєднання кількох заходів, таких як: добре прорахований план польоту, використання кількох камер на БпЛА, покращення зображення за допомогою програмних продуктів, які використовують алгоритми штучного інтелекту і навчання операторів БпЛА ефективному застосуванню цих методів та накопичування досвіду ведення повітряної розвідки в підрозділі БпАК.

Список використаних джерел:

1. Holst G.C. Common Sense Approach to Thermal Imaging. Bellingham: SPIE Press, 2000.
2. Vollmer M., Möllmann K.-P. Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications. Weinheim: Wiley-VCH, 2010. 593 p.
3. Johnson J. Analysis of image forming systems. Proc. Image Intensifier Symposium. Fort Belvoir, 1958. P. 244–273.

Первак Ігор Володимирович *– курсант інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, e-mail: pervakigor21@gmail.com.*

Бондарчук Володимир Дмитрович *– курсант інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, e-mail: vovabondarchuk103@gmail.com.*

Тимчук Геннадій Миколайович *– доцент кафедри експлуатації та застосування безпілотних авіаційних систем та комплексів повітряної розвідки інженерно-авіаційного факультету Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, вул. Сумська 77/79, інд. 61009, e-mail: hanktim1977@gmail.com.*

Pervak Ihor Volodymyrovych *– cadet from the Faculty of Aviation Engineering of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St. 77/79, Ind 61009, e-mail: pervakigor21@gmail.com.*

Bondarchuk Volodymyr Dmytrovych *– cadet from the Faculty of Aviation Engineering of the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Sumska St. 77/79, Ind 61009, e-mail: vovabondarchuk103@gmail.com.*

Tymchuk Hennadii Mykolaiovych *– associate Professor at the Department of Operation and Application of Unmanned Aerial Systems and Aerial Reconnaissance Complexes, Faculty of Aviation Engineering, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, 77/79 Sumska St., Kharkiv, 61009, e-mail: hanktim1977@gmail.com.*