

О. В. Бєсова, В. Ю. Вдовьонков, В. Д. Карлов, О. О. Копилов
СТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВІДБЛИСКОВИХ ОПТИЧНИХ ПОЛІВ
ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МАЛОРОЗМІРНИХ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ,
ЩО РУХАЮТЬСЯ НАД ВОДНИМИ ПОВЕРХНЯМИ

***Анотація:** в роботі розглянута актуальність задачі виявлення малорозмірних повітряних цілей, що можуть рухатися на малих висотах над водними поверхнями. Пропонується використовувати затінювання дронами відблискового оптичного поля, що створюється при відбитті світла штучного або природнього джерела освітлення від водної поверхні. Розроблена модель, яка описує тонку відблискову структуру оптичного сигналу від водної поверхні.*

***Ключові слова:** дрон, затінювання, відблискове оптичне поле, водна поверхня.*

***Annotation:** the relevance of the task of detecting small-sized aerial targets that may be moving at low altitudes over water surfaces is discussed. It is proposed to use shading by drones from the reflected optical field created by the reflection of light from an artificial or natural light source on the water surface. A model has been developed that describes the thin reflective structure of the optical signal from the water surface.*

***Keywords:** drone, shading, reflected optical field, water surface.*

В ході російсько-української війни російська федерація з вересня 2022 року почала застосовувати іранські дрони-камікадзе "Shahed 136" для ураження об'єктів у глибині території України. По даним засобів масової інформації в росії (Татарстан, спеціальна економічна зона "Алабуга") з допомогою Ірану побудовано завод по зборці іранських дронів (ці БПЛА в російській армії мають назву "Герань2"). Завод розраховувався на випуск до 6000 одиниць на рік (але в цьому році ця кількість була виготовлена практично до вересня). Росія проводить роботи по модифікації дронів "Герань2" (очікується збільшення бойової частини з 50 кілограм до 90 кілограм). При цьому бойова частина цих дронів може бути не тільки уламково-фугасною частиною, але може встановлюватися і термобарична бойова частина. Вироблені в росії "шахеда" мають іншу обшивку фюзеляжу, яка дозволяє зменшити собівартість та час виробництва. Може застосовуватися і роздільна бойова частина, яка здатна пробивати посилені конструкції [1].

За час бойових дій зараз ворог змінює тактику застосування цих дронів [2]. Разом із "шахедами" росіяни стали запускати вглиб України значно дешевші перші дрони-приманки "Гербера" і "Пародія" та їх аналоги, які створені з пінопласту та деревини, мають менші розміри але завдяки розташованих на них "лінзах Люнеберга" імітують собою об'єкт, схожий на дрони-камікадзе "Герань2" і покликані відволікати увагу ППО та витратити більше боєкомплекту. Крім того ці дрони ще збирають розвіддані про нашу ППО. Друга зміна тактики — запуск дронів хвилями. Спочатку запускають дрони-оманливі цілі. У другу хвилю летять вже безпосередньо "шахеда" в перемішку з дронами-оманками. Остання хвиля — безпосередньо модифіковані "шахеда", які будують складні маршрути, здатні змінювати цілі, курс та висоту польоту. Третя зміна тактики — дрони почали літати на дуже низьких висотах, де їх вкрай тяжко виявити. При цьому аналіз маршрутів польоту свідчив про те, що вони здійснювалися вздовж річок, лиманів та інших водоймищ. В зв'язку з вище зазначеним на наш погляд зрозуміла актуальність науково-практичного питання виявлення та ідентифікації малорозмірних повітряних цілей типу БПЛА, що рухаються над водною поверхнею.

Помітність БПЛА визначається величиною його сигнатури в акустичному діапазоні, а також величиною його сигнатур в видимому, інфрачервоному та радіо діапазонах електромагнітних хвиль. Як відомо, для побудови корпусів сучасних БПЛА використовують композитні матеріали, що дає в радіодіапазоні дуже мале значення ефективної площі розсіювання. Ті БПЛА, що застосовуються вночі, з метою ускладнення візуального виявлення фарбуються в чорний колір. Достатньо невеликі двигуни, що застосовуються на дронах, випромінюють мало тепла, а при застосуванні електродвигунів практично неможливо виявити і їх акустичний шум.

Для виявлення БПЛА в доповіді пропонується використовувати затінювання ним відблискового оптичного поля, що створюється при відбитті світла штучного або природного джерела освітлення від водної поверхні, на якій завжди є різні хвилі, як внаслідок вітру та і з інших причин. З розвитком сучасних багатоелементних оптичних датчиків з'явилися нові технічні можливості по підвищенню розрізняювальної здатності при широкій смузі перегляду підстилаючої водної поверхні. Так сучасні лінійки ПЗЗ, що формують зображення зі стрічкою більше 10 000 пікселів, а з пристроями переносу зображення можливе отримання в стрічці більше 30 000 пікселів і навіть 50 000 елементів та більше. Сучасні оптичні датчики дозволяють реєструвати навіть окремі відблиски від поверхні води без блюмінгу (тобто без засвітлення сусідніх елементів в стрічці прийнятого оптичного сигналу).

Авторами була розроблена модель, яка математично описує тонку відблискову структуру оптичного сигналу від поверхні води, що реєструється сучасними багатоелементними оптичними датчиками. Водна поверхня є результатом накладання хвиль різних діапазонів, що завжди утворюються при наявності навіть слабкого руху повітряних мас, а також внаслідок зіткнення води, що тече, з різними перешкодами у руслі ріки. Ґрунтуючись на розробленій моделі в доповіді наведені результати аналізу просторово-часових розмірів відстані між окремими відблисками оптичного сигналу в залежності від умов освітлення водної поверхні та типу хвиль на поверхні води. Наявність просторово-часового затінювання відблискового оптичного поля буде сигналом проте, що між поверхнею води та місцем розташування багатоелементного оптичного є повітряна ціль. Аналіз зображення та розмірів тіні від цієї повітряної цілі може бути джерелом інформації для її подальшої ідентифікації.

Автори також розрахували діаграми, що дозволяють вибрати кути освітлення та візування поверхні води для спостереження сталого відблискової доріжки від природних джерел освітлення – місяця чи сонця, а також від штучних джерел освітлення. Використання цього явища при створенні оптико електронної системи спостереження дозволить значно зменшити ймовірність не виявлення вночі дронів противника, що пролітає над будь яким типом водної поверхні.

Список використаних джерел:

1. Тепер не тільки "шахеда". Як Росія наростила виробництво ударних БПЛА і чим відповідають українські інженери /Богдан Мірошніченко, Євген Будерацький <https://www.epravda.com.ua/publications/2024/10/17/720684>

2. Жодного дня без "шахедів": ворог хоче виснажити нашу ППО, але марно /Мирослав Ліскович <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3923803-zodnogo-dna-bez-sahediv-vorog-hoce-visnaziti-nasu-ppo-ale-marno.html>

3. Using a model of thin structure of reflected optical signal from water surface for selection of conditions for detecting low-flying uavs along the riverbed / Vdovyonkov V., Karlov V., Kopylov O., Biesova O., //XX міжнародна наукова конференція Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба "Новітні технології – для захисту повітряного простору": тези доповідей, 02 – 03 травня 2024 року. – Х.: ХНУПС ім. І. Кожедуба, 2024. – С.551-552

Бєсова Оксана Васильовна – кандидат технічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник, e-mail: butko75@ukr.net Харківський національний університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків

Вдовьонков Володимир Юрійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри фізики та радіоелектроніки, e-mail: v.vdovenkov@gmail.com Харківський національний університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків

Карлов Володимир Дмитрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізики та радіоелектроніки, e-mail: karlovvd@ukr.net Харківський національний університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків

Копилов Олександр Олексійович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри фізики та радіоелектроніки, e-mail: kopylovo@ukr.net Харківський національний університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м.Харків

Orsana Biesova – PhD in Technical Sciences, Senior Research Fellow, Senior Researcher at the Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: bytko75@ukr.net, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7744-1339>

Volodymyr Vdovonkov – Candidate of Technical Sciences Associate Professor Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: v.vdovonkov@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2270-5629>

Volodymyr Karlov – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Professor Head of Department of Physics and Radioelectronics of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: karlovvd@ukr.net, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1043-684X>

Oleksandr Kopylov – Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow, Professor at the Department of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: kopylovo@ukr.net ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6699-295X>