

Я. В. Кордонський, І. В. Віщун

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ ТА ЗАСЛІПЛЕННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ КАМЕР БПЛА НА ОСНОВІ ЕФЕКТУ РЕТРОВІДНОБРАЖЕННЯ

**Анотація.** Запропоновано метод автоматизованого засліплення малогабаритних камер, що дозволить ефективніше протидіяти ворожим БПЛА, базований на ефекті ретровідноображення, досліджено алгоритм їх виявлення, та спосіб стабільного супроводження при динамічному русі.

**Ключові слова:** БПЛА, камера, система, засліплення, ретровідноображення.

**Abstract.** A method of automated blinding of small-sized cameras has been proposed, which will allow more effective counteraction to enemy UAVs, based on the retroreflection effect, an algorithm for their detection, and a method of stable tracking during dynamic movement have been investigated.

**Keywords:** UAV, camera, system, glare, retroreflection.

### Вступ

Сьогодні широко використовуються малогабаритні камери у складі безпілотних літальних апаратів різних типів. Запропоновано використовуючи принцип дистанційного виявлення таких засобів базований на явищі ретровідноображення, також відомим як «ефект котячого ока» [1], що виникає внаслідок відбиття спрямованого лазерного або інфрачервоного випромінювання від фокальної площини об'єктива камери [2].

Метою роботи є обґрунтування та пропозиція концепції комплексу малих розмірів для автоматизованого виявлення та засліплення малогабаритних камер на дистанціях до 200 метрів із урахуванням динаміки руху цілі та впливу зовнішніх світлових завад.

### Результати дослідження

В основу роботи запропонованого комплексу покладено метод, базований на явищі ретровідноображення, відомого також як ефект «котячого ока» [1]. Система передбачає в собі три послідовні етапи роботи, а саме пошук цілі, її супроводження з наведенням на неї та заключний етап засліплення з можливим подальшим руйнування камери ворожого дрону [3].

Початковий етап пошуку реалізується шляхом активного сканування визначеного сектору за допомогою спрямованого інфрачервоного випромінювання [4]. При потраплянні променю на об'єктив камери, світло фокусується її лінзами та відбивається від матриці назад до джерела. Приймальний модуль системи, оснащений вузькосмуговим фільтром, фіксує цей відблиск як точку з аномальною яскравістю, що дозволяє ідентифікувати камеру на відстані до 200 метрів [5].

Після виявлення відблиску система переходить до етапу супроводження та автоматичного наведення [6]. Використовуючи алгоритми машинного зору [5], пристрій безперервно аналізує координати цілі та за допомогою сервоприводів [1] утримує оптичну вісь на вхідній лінзі ворожого БПЛА. Така система дозволить компенсувати маневреність цілі та забезпечить стабільне позиціонування лазерного променю при динамічному русі цілі та в умовах світлових завад або при повній відсутності зовнішнього освітлення.

Заключний етап нейтралізації полягає в активації силового лазерного модуля, промінь якого спрямовується безпосередньо в об'єктив виявленої камери. Оскільки оптичний модуль ворожого БПЛА додатково фокусує цей промінь на матриці, що призводить до критичного перенасичення фотодіодів та виникнення ефекту блумінгу [7]. В залежності від заданої потужності, це призведе або до повного засліплення камери, або до фізичного руйнування пікселів сенсора, що зробить камеру повністю непридатною.

Після спрацювання системи оператор ворожого БПЛА миттєво втратить візуальний канал зв'язку та з високою вірогідністю унеможливить подальшу ідентифікацію об'єкту захисту, що призведе до неможливості здійснення прицільного ураження або зриву виконання розвідувального польотного завдання.

Ефективність запропонованого методу підкріплюється високою швидкістю реагування комплексу, де час від моменту фіксації відблиску до нейтралізації сенсора становить частки секунди, що дозволить створити «зону відносної безпеки», захищену від спостереження ворожих БПЛА.

### Висновки

Результати дослідження підтверджують, що метод, заснований на явищі ретровідображення, дозволяє ідентифікувати приховану оптику, а далі використовуючи лазер з до наведенням здійснювати її незворотне термічне руйнування. Висока щільність енергії на матриці ворожого сенсора робить запроповану систему універсальним засобом активної протидії сучасним малогабаритним засобам спостереження. Впровадження такого комплексу як додаткового до наявних РЕБ-систем суттєво підвищить рівень безпеки військових в зонах ведення бойових дій.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Integrating the cat's eye effect and deep learning for low-altitude target detection [Електронний ресурс] / Bin Zhou [та ін.] // *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*. – 2025. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1631/fitee.2500522>.
2. Cat-eye effect reflected beam profiles of an optical system with sensor array [Електронний ресурс] / Mali Gong [та ін.] // *Applied Optics*. – 2016. – Т. 55, № 16. – С. 4461. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1364/ao.55.004461>.
3. Analysis of the application of lasers for counter-UAV purposes [Електронний ресурс] / Artemii Bernatskyi [та ін.] // *History of science and technology*. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 487–512. – Режим доступу: <https://doi.org/10.32703/2415-7422-2024-14-2-487-512>.
4. Optical and acoustical UAV detection [Електронний ресурс] / Frank Christnacher Bernatskyi [та ін.] // *Spiedigitallibrary*. – 2016. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1117/12.2240752>.
5. Lei C. Long-range active laser detection system based on cat's eye effect [Електронний ресурс] / Chengmin Lei, Feng Zhou, Tao Chen // *Spiedigitallibrary*. – 2022. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1117/12.2622289>.
6. AUAV Detection Using Reinforcement Learning [Електронний ресурс] / Arwa AlKhonaini [та ін.] // *Sensors*. – 2024. – Т. 24, № 6. – С. 1870. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/s24061870> (дата звернення: 19.03.2026).
7. Fresnel Diffraction Model for Laser Dazzling Spots of Complementary Metal Oxide Semiconductor Cameras [Електронний ресурс] / Xinyu Wang [та ін.] // *Sensors*. – 2024. – Т. 24, № 17. – С. 5781. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/s24175781> (дата звернення: 19.03.2026).

**Кордонський Ярослав Володимирович** – студент, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, слухач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 04-22-237.stud@vntu.vn.ua.

**Віщун Ігор В'ячеславович** – викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: viv@vntu.edu.ua

**Kordonsky Yaroslav V.** – student, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, student of the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: 04-22-237.stud@vntu.vn.ua.

**Ihor Viacheslavovych Vishchun** – Lecturer, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: viv@vntu.edu.ua