

УДК 355.401

**ЗАДАЧА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ИЗЛУЧАЕМЫХ  
НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАДРОКОПТЕРА С  
КОМПЛЕКСНОЙ СПЕЦАППАРАТУРОЙ****Ворожейкин Владимир Николаевич,**Доцент кафедры “Электронные системы и информационная безопасность”, к.т.н.  
Самарский государственный технический университет**Бошкаев Никита Олегович,**студент,  
Самарский государственный технический университет**Петров Андрей Вячеславович,**студент,  
Самарский государственный технический университет**Аннотация**

Настоящая работа посвящена вопросам технической разведки с использованием комплексной системы на базе квадрокоптера с комплексной спецаппаратурой. Предложен и проведен анализ возможностей варианта системы: пункт управления - квадрокоптер с использованием в качестве комплексной системы спецаппаратуры, подсистемы видеонаблюдения и радиоэлектронных средств обнаружения и анализа сигнала, позволяющее определять направление на источник по величине усиления сигнала.

**Ключевые слова:** квадрокоптер, радиопеленгация, техническая разведка.**DETERMINING THE LOCATION OF RADIATED GROUND OBJECTS  
USING A QUADCOPTER WITH COMPLEX SPECIAL EQUIPMENT****Vladimir N. Vorozheikin,**Associate Professor of the Department of Electronic Systems and Information  
Security, Candidate of Engineering Sciences  
Samara State Technical University**Nikita O. Boshkaev,**student,  
Samara State Technical University**Andrey V. Petrov,**student,  
Samara State Technical University

## ABSTRACT

This work is devoted to the issues of technical intelligence using an integrated system based on a quadcopter with complex special equipment. An analysis of the capabilities of the system variant is proposed and carried out: a control point - a quadcopter using special equipment, a video surveillance subsystem and radio-electronic signal detection and analysis tools as an integrated system, which allows determining the direction to the source by the magnitude of the signal gain.

**Keywords:** quadcopter, radio direction finding, technical intelligence.

Одним из направлений развития беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является разработка квадрокоптеров и их использование в решении различных народно-хозяйственных задач, а также применение в военной сфере при наблюдении за наземными объектами. В круг важных задач военной сферы по использованию БПЛА входит задача выявления месторасположения объектов радиоизлучения противника (радиотехнические средства противовоздушной обороны, радиостанций, центров управления БПЛА и т.д.). Особый интерес представляют квадрокоптеры малого веса 10-15 кг.

Проведенный анализ открытых источников [1,2,3] позволяет предположить, что существующие квадрокоптеры малого веса, используемые для проведения технической разведки имеют в своем составе только системы видеонаблюдения. В материалах [4,5,6] проведено описание американских БПЛА MQ-9 Reaper и RQ-4 Global Hawk, способных выполнять разведывательные задачи с определением местоположения излучаемых объектов. Оба БПЛА имеют веса около 5 и 12 тонн соответственно, используют радары с синтезированной апертурой, где приемо-передающие модули радара анализируют данные об электромагнитных импульсах, излученных и отраженных от объектов в различные моменты времени и точки пространства.

Для решения рассматриваемой задачи предлагается следующий облик БПЛА, который соответствует характеристикам:

Максимальная дальность полёта: 5000 м

Максимальная высота подъёма: 2500 м

Полезная нагрузка: до 5 кг

Продолжительность полёта: до 30 минут

Данным требованиям удовлетворяет квадрокоптер DJI Matrice 600 Pro, который может быть взят в качестве базового, а при использовании аккумулятора большей емкости его продолжительность полета может быть увеличена до 60 минут.

На основе анализа систем радиопеленгации [7,8,9] предлагается вариант системы, который предполагает применение автоматических пеленгаторов с встроенными двухканальными ЦРПУ (цифровые радиоприемники управления, предназначенные для беспроводного управления различными техническими системами или устройствами). Эти устройства обладают высокой чувствительностью и большим динамическим диапазоном. Они помогают исключить антенный эффект, который возникает при изменении положения антенны относительно источника или приемника сигнала. Антенный эффект может как улучшить качество связи и дальность передачи, так и вызвать помехи или нежелательное направление сигнала.

Все радиопеленгаторы работают по методу корреляционно-интерферометрического пеленгования, который точно определяет направление на источник сигнала благодаря анализу изменений фазы на нескольких антеннах. Сравнивая сигналы с различных антенн

и анализируя фазовые и временные характеристики, устройство может определить угол прихода сигнала и точное местоположение объекта с использованием фазового метода пеленгации.

В качестве таких устройств рассматриваются устройства типа DW-433, характеристики АС-НП1 удовлетворяют условиям лучшего всего, в том числе по весу.

Характеристики автоматического радиопеленгатора АС-НП1:

- Вес (кг): 4,4
- Используемый метод пеленгации: фазовый
- Направление пеленгации: по направлению движения БПЛА
- Диапазон частот (МГц): 110-3000
- (приблизительные частоты военных в пересеченной местности (МГц): 136-174)

На основе вышеизложенного предлагается следующий состав подсистем квадрокоптера для решения поставленной задачи:

- радиопеленгатор, определяющий направление движение БПЛА на центр передающих устройств по принципу увеличения максимального сигнала (игрового подхода «охота на лис»);

- систему видеонаблюдения, позволяющую привязывать координаты объекта к картам местности;

- радиосистему передачи информации, позволяющую получать картинку местности с координатами объекта;

- а также систему управления движением, которая включает в себя:

- управление оператором;
- систему позиционирования ГЛОНАСС;
- управление от радиопеленгатора;
- автономную систему возвращения на центр приема.



Рис.1. Эскиз системы

С использованием вышеперечисленных подсистем квадрокоптера предлагается следующая схема его функционирования:

Первый участок: с помощью радиосистемы передачи информации и системы управления квадрокоптером под руководством оператора производится взлёт БПЛА на

расчётную высоту с дальнейшим движением в зону поиска. Движение БПЛА отслеживается системой позиционирования (ГЛОНАСС).

Второй участок: по мере достижения БПЛА зоны поиска производится отключение радиосистемы передачи информации и системы управления квадрокоптера оператором. Осуществляется включение радиопеленгатора с периодическими разворотами БПЛА для поиска объекта радиоионизации.

Третий участок: производится захват радиопередатчика в зоне досягаемости квадрокоптера. Выполняется движение БПЛА в направлении усиления сигнала до момента наступления максимального значения сигнала.

Четвёртый участок: система радиопеленгации отключается, осуществляется включение радиосистемы передачи информации и системы управления квадрокоптера оператором. С помощью оператора активируется система видеонаблюдения для поиска источника радиосигнала с последующей фото-фиксацией и привязкой его координат к фото за счёт системы позиционирования ГЛОНАСС, благодаря которой точность будет составлять около 2,5 метров.

Пятый участок: оператор отключает систему видеонаблюдения и по радиосистеме передачи информации запускает передачу координат объекта с привязкой к карте местности. После передачи информации оператор выполняет возвращение БПЛА в центр управления.

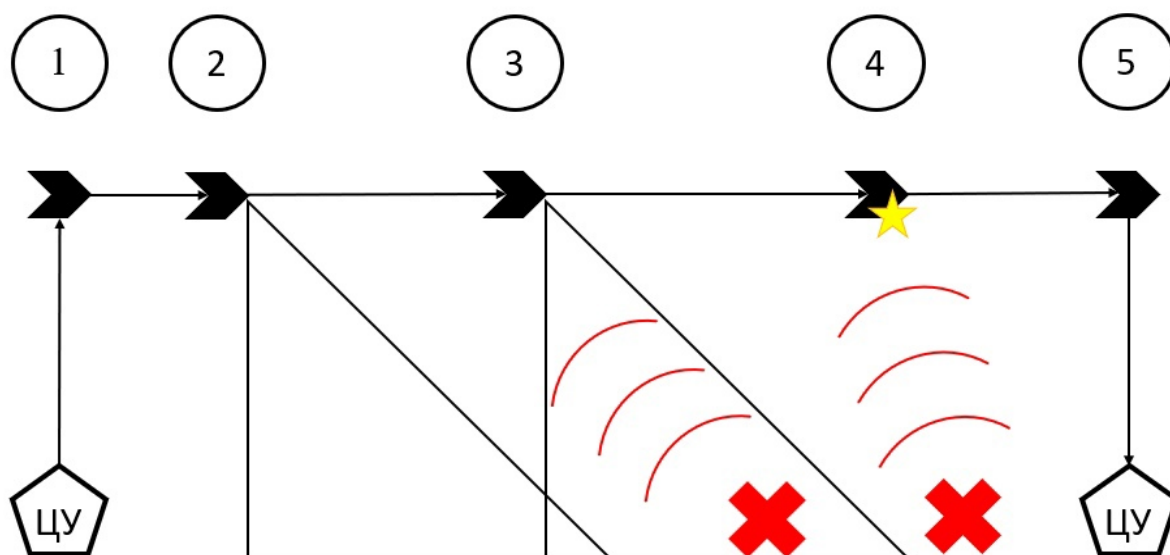


Рис.2. Схема функционирования (вид сбоку)

Возможен вариант для использования двух БПЛА, где второй квадрокоптер будет иметь радиопеленгатор и ретранслятор.

Сначала второй БПЛА движется в зону поиска вместе с первым БПЛА.

Второй БПЛА нужен для уменьшения времени поиска цели с использованием видеонаблюдения, потому что после проецирования его движения на объект, мы можем уже по двум линиям понять, где находится центр радиопередающих устройств противника, что является более точным.

Когда оба квадрокоптера находят цель с разных точек, первый БПЛА летит для его фиксации с помощью системы видеонаблюдения, а второй начинает играть роль ретранслятора, чтобы увеличить дальность действия первого БПЛА.

#### Список литературы:

1. Ивлев Д.А. Анализ применения беспилотных летательных аппаратов в современных боевых условиях // Актуальные исследования. 2023. № 48 (178). С. 27-30.

2. Когтин А.В., Шайдуров Г.Я. Перспективы развития малых беспилотных летательных аппаратов и проблема их обнаружения // Военная мысль. 2023. № 1.
3. Виды беспилотников малого класса и их классификация [Электронный ресурс] // ГЕОСКАН ПИОНЕР ДОКУМЕНТАЦИЯ. URL: <https://clck.ru/3Ajdb5> (дата обращения: 6.04.24)
4. БПЛА блока НАТО, их возможности и слабые места [Электронный ресурс] // Overclockers. URL: <https://clck.ru/3AigcR> (дата обращения: 8.04.24)
5. MQ9 REAPER. Все о ведущем беспилотнике США, ТТХ, применение [Электронный ресурс] // UAV ROBOTICS GURU. URL: <https://uav-bpla.com/usa-bpla/reaper/> (дата обращения: 9.04.24)
6. Беспилотник Global Hawk: характеристики, применение, опасность американского дрона для России [Электронный ресурс] // PUAMO. URL: <https://clck.ru/3AjdGy> (дата обращения: 9.04.24)
7. Першин П.В. Варианты реализации радиопеленгаторных антенных решеток для малого беспилотного летательного аппарата // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2020. № 2 Т.16. С. 77-80.
8. Ашимхин А.В., Виноградов А.Д., Рембовский А.М., Сладких В.А. Способ однопозиционного место-определения источников радиоизлучения с использованием бортового радиопеленгатора беспилотного летательного аппарата вертолетного типа // Системы управления, связи и безопасности. 2021. № 4. С. 40-56.
9. Азаров, А.В., Караваев, М.Н., Рожков, С.С., Славянский, А.О., Смолка, К.А. Синтез малогабаритного фазового пеленгатора авиационного базирования // Труды МАИ. 2022. № 123.

#### References:

1. Ivlev D.A. Analysis of the use of unmanned aerial vehicles in modern combat conditions // Current research. 2023. No. 48 (178). pp. 27-30.
2. Kogtin A.V., Shaidurov G.Ya. Prospects for the development of small unmanned aerial vehicles and the problem of their detection // Military Thought. 2023. No. 1.
3. Types of small-class drones and their classification [Electronic resource] // GEOSCAN PIONEER DOCUMENTATION. URL: <https://clck.ru/3Ajdb5> (access date: 04/06/24)
4. NATO UAVs, their capabilities and weaknesses [Electronic resource] // Overclockers. URL: <https://clck.ru/3AigcR> (access date: 04/08/24)
5. MQ9 REAPER. All about the leading US drone, performance characteristics, application [Electronic resource] // UAV ROBOTICS GURU. URL: <https://uav-bpla.com/usa-bpla/reaper/> (access date: 04/09/24)
6. Global Hawk drone: characteristics, application, danger of an American drone for Russia [Electronic resource] // PUAMO. URL: <https://clck.ru/3AjdGy> (access date: 04/09/24)
7. Pershin P.V. Options for implementing direction-finding antenna arrays for a small unmanned aerial vehicle // Bulletin of the Voronezh State Technical University. 2020. No. 2 Т.16. pp. 77-80.
8. Ashimkhin A.V., Vinogradov A.D., Rembovsky A.M., Sladkikh V.A. Method for single-position location determination of radio emission sources using an on-board radio direction

finder of a helicopter-type unmanned aerial vehicle // Control, communication and security systems. 2021. No. 4. pp. 40-56.

9. Azarov, A.V., Karavaev, M.N., Rozhkov, S.S., Slavyansky, A.O., Smolka, K.A. Synthesis of a small-sized aircraft-based phase direction finder // Proceedings of MAI. 2022. No. 123.