

УДК 623.746.4-519

**МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ БПЛА****Пызаров Ильнур Александрович,**

студент кафедры Конструирования и производства радиоаппаратуры, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул.Красная,40)

pil.inst@mail.ru

**Горячев Николай Владимирович,**

Кандидат технических наук, доцент кафедры

Конструирования и производства радиоаппаратуры, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул.Красная,40)

**Яркин Александр Евгеньевич,**

студент кафедры Конструирования и производства радиоаппаратуры, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул.Красная,40)

**Эликишвили Маргарита Кобаевна,**

студентка кафедры международных комплексных проблем природопользования и экологии Институт международной торговли и устойчивого развития Московский государственный институт международных отношений (Университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации (Россия, г. Москва, проспект Вернадского, д. 76)

**Аннотация**

В данной статье проведен анализ актуальности развития и эксплуатации технологий обнаружения и локализации БПЛА. Представлен обзорный анализ методов обнаружения беспилотных летательных аппаратов. Рассмотрены основные характеристики, а также указаны их преимущества и недостатки. Рассмотрены зависимости методов от внешних условий. Описаны основные принципы работы возможных вариантов обнаружения БПЛА. Представлены алгоритмы работы штатного функционирования комплексов контроля и локализации.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, метод, контроль, локализация, обнаружение, комплексы.

**METHODS OF UAV DETECTION AND LOCALIZATION****Pyzarov A. Inur,**

student of the sub-department of radio equipment design and production, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia) pil.inst@mail.ru

**Nikolay V. Goryachev,**

associate professor of the sub-department of radio equipment design and production, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Yarkin E. Alexander,**

student of the sub-department of radio equipment design and production, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Elikishvili Margarita Kobayevna,**

student of the Department of International Integrated Problems of Environmental Management and Ecology Institute of International Trade and Sustainable Development Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation (76 Vernadsky Prospect, Moscow, Russia)

---

**ABSTRACT**

---

This article analyzes the relevance of the development and operation of UAV detection and localization technologies. An overview analysis of the methods of detection of unmanned aerial vehicles is presented. The main characteristics are considered, as well as their advantages and disadvantages. The dependence of methods on external conditions is considered. The basic principles of operation of possible UAV detection options are described. Algorithms for the operation of the regular operation of control and localization complexes are presented.

---

**Keywords:** unmanned aerial vehicle, method, control, localization, detection, complexes.

---

**Введение**

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) – это автономно пилотируемый и автоматически управляемый беспилотный летательный аппарат самолётной или вертолётной схемы. В настоящее время беспилотная авиационная техника разрабатывается и производится более чем в 30 странах мира.

Важность и актуальность вопросов по развитию БПЛА уже давно вышли на одно из первых мест среди других задач, решаемых в процессе проектирования, создания и использования современных информационных систем.

Причины такого повышенного внимания к этой проблеме вполне очевидны – от качества мер, предпринятых в процессе конструирования подобных устройств и изучения борьбы с ними, напрямую зависит как качество жизни людей, так и глобальная политическая обстановка.

Вспомнив в общих чертах историю развития производительных сил на Земле, можно увидеть, что роль технологического прогресса во все времена занимала важную позицию, кроме того, адаптивность технологий является не менее важной чертой. Так, например, БПЛА впервые начали использоваться для съемок и разведки труднодоступных локаций, доставки почтовых отправок. В военных действиях данные технологии тоже проявили себя с хорошей стороны. Их способность переносить грузы под контролем оператора, преобразовало гражданскую технологию в достаточно весомый инструмент для достижения стратегических успехов на поле боя и плотно интегрировало БПЛА в военную отрасль. Использование БПЛА не только удобно, но и экономически выгодно. При помощи переносимых взрывчатых веществ уничтожаются дорогостоящие военные объекты, производственные мощности, живая сила. Рассматривая данную технологию, ее возможности и преимущества, можно смело утверждать о перспективах развития и применения данной технологии в гражданских и военных направлениях. Данная сфера, являясь важной частью жизни общества, на

данный момент активно влияет на состояние политической, экономической, оборонной и других составляющих безопасности Российской Федерации. Национальная безопасность Российской Федерации существенным образом зависит от обеспечения вооруженных сил передовыми технологиями, и в ходе технического прогресса эта зависимость будет возрастать. БПЛА активно используются также и против интересов Российской Федерации. Их применение существенно увеличивает потери при проведении Специальной Военной Операции. Приведенные факты показывают, что угроза и уязвимость человека в среде для подобного оружия, необходимость его минимизировать, все это делает необходимым разработку и распространение средств обнаружения и противодействия. Так если крупно габаритные БПЛА самолётного типа, летящие на большой высоте своевременно определяются системами противовоздушной обороны (ПВО), то обнаружение БПЛА малых габаритов является сложной задачей для ПВО.

В настоящее время наиболее распространёнными методами обнаружения БПЛА являются [7]:

1. Радиотехнический контроль.
2. Оптический контроль.
3. Акустический контроль.
4. Радиолокационный контроль.

Радиотехнический контроль.

Комплексы радиотехнического контроля для борьбы с БПЛА осуществляют свою деятельность по определённому алгоритму, исполняя ряд специфических последовательных процедур.

Начальным этапом алгоритма работы комплекса является функционирование в режиме поиска радиосигналов источников радиоизлучения (ИРИ).

Для полноценного исполнения данного этапа необходимо задание ряда исходных параметров для поиска радиоизлучений.

В процессе сканирования диапазона частот сигналы, превосходящие по уровню заданный порог обнаружения или с интересующими значениями модуляционных параметров должны записываться в базу данных (БД) автоматически или по команде оператора.

Вторым этапом алгоритма функционирования комплекса радиотехнического контроля является дальнейшее наблюдение за сигналами ИРИ, в процессе которого накопленная информация о частотах, сигналах и источниках сохраняется. Программное обеспечение должно предоставлять возможность сортировки и классификации по видам модуляции, кодирования и другим параметрам ИРИ, кроме того, технические средства должны обеспечивать возможность периодического определения пространственных параметров ИРИ, указывая на процесс их перемещения на определенной территории.

Третьим этапом алгоритма функционирования комплекса радиотехнического контроля является технический анализ обнаруженных сигналов. Он должен осуществляться как в автоматическом режиме, так и в режиме диалога с оператором. Используемое программное обеспечение для анализа технических параметров в реальном режиме времени должно осуществлять:

1. графическое представление амплитудных, частотных и фазовых характеристик сигнала;
2. получение мгновенного и усреднённого спектров частотных характеристик сигнала;
3. ручное и автоматическое измерение модуляционных параметров сигнала (несущей частоты, скорости манипуляции, разноса частот и др.).

Функциональная структура комплексов радиотехнического контроля включает следующие элементы:

1. антенные системы;
2. подсистема сканирования и обнаружения;
3. подсистема технического анализа;
4. подсистема радиоперехвата и местоопределения.

Антенные системы обеспечивают усиление и отбор сигналов ИРИ, тем самым обеспечивают их электромагнитную доступность. Усиление достигается за счёт направленности антенной системы в сторону ИРИ. Отбор обеспечивается по пространству за счёт диаграммы направленности антенны, а также за счет поляризационного выбора [1].

Подсистемы сканирования, обнаружения и анализа сигналов предназначается для поиска объектов путём обзора заданного диапазона, обнаружения сигнала, приёма его с требуемым качеством, обработки для более точной классификации. Классификация сигнала позволяет конфигурировать радиотракт для качественной регистрации сигнала на носители при радиоперехвате и пеленговании.

Подсистемы технического анализа, радиоперехвата и местоопределения необходимы для решения задач добывания важных данных об объекте и его дальнейшего перехвата [4].

Аппаратная платформа автоматизированных комплексов радиотехнического контроля содержит в своём составе следующие основные подсистемы (элементы):

1. антенно-фидерное устройство;
2. радиоприёмная устройство;
3. модуль обработки сигналов;
4. автоматизированное рабочее место оператора;
5. источник энергоснабжения комплекса;
6. навигационные средства определения своего местоположения.

Перечисленные технические средства активизируются и функционируют под управлением специализированного программного обеспечения.

#### Оптический контроль.

Оптический метод представляет собой технологию мониторинга воздушного пространства, основанную на применении высокоскоростных видеокамер, функционирующих в различных диапазонах оптического спектра. Данный метод позволяет осуществлять визуальное и инструментальное наблюдение за объектами.

Данный метод обеспечивает возможность идентификации объектов в воздушном пространстве на основе анализа визуальных демаскирующих признаков, таких как геометрические параметры объекта (габариты) и спектральные характеристики его поверхности (например, наличие яркой окраски). Эти признаки позволяют выделить объект на фоне окружающей среды и классифицировать.

Алгоритм обнаружения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с использованием оптического метода заключается в следующем: посредством высокоскоростных видеокамер осуществляется захват цифрового изображения объекта в реальном времени. Полученное изображение подвергается проекции на двумерную плоскость с последующим увеличением контрастности для улучшения визуальной различимости ключевых характеристик объекта. На завершающем этапе производится идентификация цели на основе анализа обработанного изображения с применением специализированных алгоритмов обработки данных [6].

Оптический метод классифицируется на две основные категории: пассивный и активный. Пассивный метод основан на регистрации естественного излучения или отраженного света от объектов без использования внешних источников подсветки. Активный метод, напротив, предполагает применение искусственных источников освещения или лазерного излучения для получения данных о наблюдаемых объектах. Такое разделение позволяет адаптировать методологию в зависимости от условий наблюдения и поставленных задач.

Оптические методы являются мощным инструментом для обнаружения и наблюдения, особенно когда требуется высокая детализация и визуальная идентификация. Однако их эффективность зависит от условий окружающей среды и технических возможностей оборудования. Для повышения надежности часто используются комбинированные системы, сочетающие оптические, радиолокационные и акустические методы [2].

#### Акустический контроль.

Акустический поиск беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) – это метод обнаружения и отслеживания дронов посредством анализа звуковых волн, создаваемых работой двигателей и вращением пропеллеров. Этот подход позволяет выявлять БПЛА по их уникальной акустической заметности.

Акустическая заметность играет важную роль в повышении точности обнаружения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), особенно когда другие методы – такие как оптическое наблюдение и радиолокация – не обеспечивают необходимый уровень обнаружения беспилотных летательных аппаратов. Беспилотный летательный аппарат воздействует на окружающую среду – атмосферу, создавая акустический шум. Акустическая заметность дрона определяется различными факторами, включая его размеры, конструкцию, тип привода и параметры двигателя. Все эти элементы вместе влияют на возможность обнаружения беспилотника.

Акустические методы поиска беспилотных летательных аппаратов подразделяются на два основных подхода: активный акустический метод и пассивный акустический метод.

Пассивный акустический метод.

Принцип функционирования пассивного акустического метода основан на регистрации изменений акустической среды, возникающих вследствие движения беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

Основными преимуществами пассивного акустического метода являются способность идентификации малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), перемещающихся на низкой высоте в условиях ограниченной видимости. Однако метод обладает рядом недостатков, среди которых – высокая зависимость от внешних условий распространения звуковых волн, что ограничивает дальность обнаружения, а также повышенная восприимчивость к внешним шумовым помехам. Это делает невозможным эффективное применение данного метода в городской среде.

Активный акустический метод.

Активный акустический метод базируется на принципе излучения ультразвуковых волн в акустическую среду.

Достоинством активного акустического метода является возможность выявления бесшумных и неподвижных объектов. Тем не менее, этот метод имеет ряд существенных недостатков, включая значительные потери энергии ультразвукового сигнала, его затухание и снижение интенсивности звуковой волны при распространении, что требует использования мощных излучателей. Такие высокочастотные излучения могут оказывать негативное воздействие на живые организмы.

Акустический метод характеризуется наличием как преимуществ, так и ограничений. Основным преимуществом является универсальность метода, позволяющая идентифицировать беспилотные летательные аппараты (БПЛА) любых типов. Вместе с тем, к числу недостатков относятся ограниченная дальность действия и недостаточная адаптация к сложным метеорологическим условиям [5].

Радиолокационный контроль.

Радиолокация – область науки и техники, объединяющая методы и средства обнаружения, измерения координат и параметров движения, а также определения свойств, характеристик различных объектов (радиолокационных целей), основанных на использовании радиоволн, излучаемых, ретранслируемых, либо отражаемых этими объектами [3].

Основной принцип действия радиолокационных систем – радиолокационная станция (РЛС) излучает зондирующий электромагнитный сигнал, обнаруживает эхо-сигнал и определяет его характеристики.

Способность обнаружения объектов на больших расстояниях и определения их местоположения и параметров движения с относительно высокой точностью представляют собой основные характерные свойства радиолокационных систем. В интересах радиолокации используется полоса частот от единиц мегагерц до ультрафиолетовой части оптического диапазона.

Основными задачами радиолокации являются:

1. обнаружение целей;

2. измерение координат целей и других параметров их движения;
3. разрешение целей;
4. классификация целей.

При активной радиолокации сигнал, принимаемый приемником РЛС, создается в результате отражения (рассеяния) объектом электромагнитных колебаний, излучаемых антенной РЛС и облучающих объект. Сигнал, излучаемый антенной РЛС, называют прямым или зондирующим, а принимаемый – отраженным или радиолокационным. Таким образом, при активной радиолокации применяют передатчик в составе РЛС и работают с отраженным (рассеянным) сигналом.

Радиолокация основана на использовании явления отражения радиоволн от объектов. Высокая интенсивность отражений от некоторого объекта обеспечивается, если длина волны  $\lambda$  много меньше габаритного размера  $l$  данного объекта или соизмерима с его размерами.

Для получения большой дальности действия, высокой разрешающей способности по угловым координатам и точности их измерений необходимо использование остронаправленных антенн. Направленное излучение и прием радиоволн достигаются, как известно, только в том случае, когда используемая длина волны много меньше габаритных размеров антенны ( $\lambda \ll l_a$ ).

Для получения высокой разрешающей способности по дальности необходимо применять сигналы с большой шириной спектра.

Для повышения точности измерения малых радиальных скоростей объекта по величине доплеровского смещения частоты необходимо выбирать длину волны как можно меньше.

Физически всякий отражающий (рассеивающий) электромагнитные волны объект, называемый в радиолокации целью, является источником вторичного излучения. Если электропроводность, диэлектрическая или магнитная проницаемость среды резко изменяются, то при электромагнитном облучении поверхности раздела сред часть падающей энергии рассеивается, т. е. поверхность раздела становится источником вторичного излучения.

Удобной характеристикой цели является ее эффективная площадь рассеяния (ЭПР)  $\sigma$  – площадь поперечного сечения такого воображаемого объекта, который рассеивает всю падающую на него мощность в обратном направлении и при этом создает в месте расположения приемной антенны такой же сигнал, как и реальная цель.

Увеличение дальности действия РЛС в два раза достигается четырехкратным увеличением коэффициента усиления антенны.

Сигналы, отраженные земной поверхностью и другими отражателями, попадающими в пределы диаграммы направленности антенны РЛС и называемыми местными предметами, интерферируют с прямыми сигналами (прошедшими по прямой), существенно влияя на дальность действия и другие параметры РЛС.

Увеличение дальности обнаружения низколетящих БПЛА в два раза требует увеличение энергии импульса в 256 раз.

Доплеровские методы отбора движущихся целей (СДЦ) основаны на различии доплеровских смещений частоты выделяемого полезного сигнала цели и пассивных помех, обусловленном отличием радиальных скоростей цели и мешающих отражателей.

Для выделения доплеровского смещения  $F_v$  частота принимаемого сигнала сравнивается с частотой излучаемого. Наиболее просто это реализуется в РЛС непрерывного излучения, в которых излучаемый сигнал существует и во время приема отраженных сигналов. Тем не менее, наибольшее практическое применение находят периодические импульсные зондирующие сигналы, которые обеспечивают высокую разрешающую способность и точность измерения дальности. Эффективная селекция движущихся целей осуществляется в импульсных системах как при отсутствии внутримпульсной модуляции несущей, так и при использовании частотной или фазокодовой модуляции несущей. Однако применение периодических сигналов в системах СДЦ приводит к появлению «слепых скоростей», т. е. таких радиальных скоростей цели, при которых полезный сигнал цели подавляется системой, как и отражение от неподвижных объектов, в результате чего цель не может быть обнаружена. Для устранения слепых скоростей разработаны различные способы и, в частности, модуляция (изменение) частоты повторения импульсов РЛС или ее работа на двух несущих частотах.

В импульсных РЛС высокочастотные колебания излучаются в течение длительности зондирующего импульса  $\tau$ , а всю остальную часть периода повторения они отсутствуют. В связи с этим опорные колебания (когерентные с излучаемыми), необходимые для выявления доплеровского приращения частоты принимаемых отраженных импульсов, создаются в системах СДЦ специально. Такие системы называют когерентно-импульсными системами СДЦ с внутренней когерентностью. В системах СДЦ с внешней когерентностью в качестве опорных используют высокочастотные колебания сигналов, отраженных от неподвижных отражателей, расположенных в пределах разрешаемого объема, в котором находится и движущаяся цель. Системы СДЦ с внутренней и внешней когерентностью имеют свои достоинства и недостатки, определяющие и области их применения.

Спектр импульсного сигнала, отраженного неподвижным объектом, совпадает со спектром зондирующего импульса. Спектр импульсного сигнала, отраженного от движущегося объекта, сжимается при удалении объекта или растягивается при его приближении [9].

Для выделения сигналов движущейся цели используется определение смещения центральной частоты, а точнее, изменение фазы высокочастотного заполнения импульсов за период повторения, так как из-за малости абсолютного изменения частоты повторения или длительности импульсов выявить их трудно.

Дальность действия РЛС в режиме СДЦ снижается за счет того, что чувствительность приемных устройств оказывается несколько ниже из-за дополнительных потерь сигналов вследствие амплитудного ограничения их на промежуточной частоте и неоптимальной обработки в вычитающих устройствах. При переходе станции в режим СДЦ дополнительные потери приводят к снижению дальности действия на 10 – 20 %.

Значительно прозаичнее обстоит дело с фактическими дальностями обнаружения малоразмерных БПЛА. Если расчетные и полигонные дальности обнаружения типовых РЛС БПЛА с ЭПР = 0,1 м<sup>2</sup> практически совпадают, то для БПЛА с ЭПР = 0,01 м<sup>2</sup> фактические дальности обнаружения приближаются к нулевым значениям. Исходя из этого можно сделать вывод, что традиционные методы радиолокации не в состоянии обеспечить надежное своевременное обнаружение малоразмерных БПЛА с чрезвычайно малыми значениями ЭПР. Кроме того, в условиях помех (например, на урбанизированных территориях) окажется, что даже эти невысокие возможности значительно уменьшатся.

Таким образом, имеющиеся сегодня традиционные РЛС практически неспособны проводить эффективное обнаружение малоразмерных низкоскоростных воздушных целей типа БПЛА даже в беспомеховой обстановке. Разрабатываемые перспективные РЛС, основанные на технологии синтеза апертуры антенны, предназначенные для решения этой задачи, способны обнаруживать цели подобного класса на дальностях, не превышающих 3-8 км на высотах их полета 100-300 м и 10-20 км на высотах до 1000 м [8].

### **Заключение.**

В заключение, учет методов обнаружения БПЛА в процессе конструирования электронных средств играет ключевую роль в обеспечении надежности и эффективности использования оборудования. Все перечисленные методы, оборудование и отдельные его элементы напрямую влияют на эффективность обнаружения, анализа и подавления БПЛА, предотвращая его целевое использование оппонентом. Современные методы моделирования и экспериментального определения этих параметров позволяют разработчикам создавать устройства, способные работать в широком диапазоне условий эксплуатации, минимизируя риск и обеспечивая стабильную работу даже в экстремальных ситуациях. Таким образом, важность учета характеристик объектов и сопутствующих факторов в процессе проектирования электронных средств неоспорима и является неотъемлемым условием для достижения высокой надежности и производительности конечного продукта.

### **Список литературы:**

1. Карасенко Н.П., Богушевич А.Я., Кураков С.А., Раков А.С., Рыбаков И.А.- Обнаружение беспилотных летательных аппаратов: существующие решения и возможности. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obnaruzhenie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-suschestvuyushchie-resheniya-i-vozmozhnosti/viewer> (дата обращения 27.02.2025).
2. Морозов А.Н., Назолин А.Л., Фуфурин И.Л.-Оптические и спектральные методы в задачах обнаружения и распознавания подвижных летательных объектов. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opticheskie-i-spektralnye-metody-v-zadachah-obnaruzheniya-i-raspoznavaniya-podvizhnyh-letatelnyh-obektov/viewer> (дата обращения 29.02.2025).
3. Везарко Д.А., Чечельницкий А.С., Коптев В.А., Халматов Б.М.-Анализ радиолокационных систем обнаружения малоразмерных беспилотных летательных аппаратов. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-radiolokatsionnyh-sistem-obnaruzheniya-malorazmernyh-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov/viewer> (дата обращения 28.02.2025).
4. Коптев В.А.-Анализ БПЛА и их демаскирующих факторов для средств обнаружения. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-bpla-i-ih-demaskiruyuschih-faktorov-dlya-sredstv-obnaruzheniya/viewer> (дата обращения 27.02.2025).
5. Дементьев, Ю.Н. Анализ акустических методов для контроля прочности силового элемента привода перемещения / Ю.Н. Дементьев, С.М. Слободян // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307, № 5. – С. 77-80. – EDN HPMSQB. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-akusticheskikh-metodov-dlya-kontrolya-prochnosti-silovogo-elementa-privoda-peremescheniya/viewer> (дата обращения 27.02.2025).
6. Макаренко, С.И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам / С.И. Макаренко. – Санкт-Петербург: Издательство «Научное издание», 2020. – 204 с. – ISBN 978-5-6044793-6-0. – EDN YSBRZJ. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44317193> (дата обращения 27.03.2025).
7. Обнаружение беспилотных летательных аппаратов: существующие решения и возможности / Н.П. Карасенко, А.Я. Богушевич, С.А. Кураков [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн: Всероссийские открытые Армандовские чтения. Материалы Всероссийской открытой научной конференции, Муром, 25–27 июня 2024 года. – Муром: Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2024. – С. 429-440. – DOI 10.24412/2304-0297-2024-1-429-440. – EDN ARIZTM. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obnaruzhenie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-suschestvuyushchie-resheniya-i-vozmozhnosti/viewer> (дата обращения 27.01.2025).
8. Годунов, А.И. Комплекс обнаружения и борьбы с малогабаритными беспилотными летательными аппаратами / А. И. Годунов, С. В. Шишков, Н. К. Юрков // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". – 2014. – Т. 1. – С. 90-95. – EDN SPDHXD. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleks-obnaruzheniya-i-borby-s-malogaбаритными-bespilotnymi-letatelnyimi-apparatami>

obnaruzheniya-i-borby-s-malogabaritnymi-bespilotnymi-letatelnyimi-apparatami-1/viewer (дата обращения 30.03.2025).

9. Коптев, В.А. Анализ БПЛА и их демаскирующих факторов, для средств обнаружения / В.А. Коптев // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 6-1(93). – С. 236-243. – DOI 10.24412/2500-1000-2024-6-1-236-243. – EDN SJMLVQ. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-bpla-i-ih-demaskiruyuschih-faktorov-dlya-sredstv-obnaruzheniya/viewer> (дата обращения 27.03.2025).

#### References:

1. Karasenko N.P., Bogushevich A.Ya., Kurakov S.A., Rakov A.S., Rybakov I.A. - Detection of unmanned aerial vehicles: existing solutions and capabilities. [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obnaruzhenie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-suschestvuyuschie-resheniya-i-vozmozhnosti/viewer> (date of access 02/27/2025).
2. Morozov A.N., Nazolin A.L., Fufurin I.L. - Optical and spectral methods in the problems of detection and recognition of moving aircraft. [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opticheskie-i-spektralnye-metody-v-zadachah-obnaruzheniya-i-raspoznavaniya-podvizhnyh-letatelnyh-obektov/viewer> (date of access 02/29/2025).
3. Vezarko D.A., Chechelitsky A.S., Koptev V.A., Khalmatov B.M. - Analysis of radar systems for detecting small-sized unmanned aerial vehicles. [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-radiolokatsionnyh-sistem-obnaruzheniya-malorazmernykh-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov/viewer> (date of access 02/28/2025).
4. Koptev V.A. - Analysis of UAVs and their unmasking factors for detection equipment. [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-bpla-i-ih-demaskiruyuschih-faktorov-dlya-sredstv-obnaruzheniya/viewer> (date of access 02/27/2025).
5. Dementyev, Yu.N. Analysis of acoustic methods for monitoring the strength of the power element of the drive / Yu.N. Dementyev, S.M. Slobodjan // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. - 2004. - V. 307, No. 5. - P. 77-80. - EDN HPMSQB. [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-akusticheskikh-metodov-dlya-kontrolya-prochnosti-silovogo-elementa-privoda-peremescheniya/viewer> (date of access 02/27/2025).
6. Makarenko, S.I. Counteraction to unmanned aerial vehicles / S.I. Makarenko. - St. Petersburg: Science-Intensive Technologies Publishing House, 2020. - 204 p. - ISBN 978-5-6044793-6-0. - EDN YSBRZJ. [Electronic resource] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44317193> (date of access 03/27/2025).
7. Detection of unmanned aerial vehicles: existing solutions and capabilities / N.P. Krasnenko, A.Ya. Bogushevich, S.A. Kurakov [et al.] // Modern problems of remote sensing, radar, wave propagation and diffraction: All-Russian open Armandov readings. Proceedings of the All-Russian open scientific conference, Murom, June 25-27, 2024. - Murom: Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolay Grigorievich Stoletov, 2024. - P. 429-440. - DOI 10.24412/2304-0297-2024-1-429-440. - EDN ARIZTM. [Electronic

- resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obnaruzhenie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-suschestvuyuschie-resheniya-i-vozmozhnosti/viewer> (date of access 01/27/2025).
8. Godunov, A.I. Complex for detection and combating small-sized unmanned aerial vehicles / A. I. Godunov, S. V. Shishkov, N. K. Yurkov // Proceedings of the international symposium "Reliability and Quality". - 2014. - V. 1. - P. 90-95. - EDN SPDHXD. [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleks-obnaruzheniya-i-borby-s-malogabaritnymi-bespilotnymi-letatelnyimi-apparatami-1/viewer> (date of access 03/30/2025).
9. Koptev, V.A. Analysis of UAVs and their unmasking factors for detection tools / V.A. Koptev // International Journal of Humanities and Natural Sciences. - 2024. - No. 6-1 (93). - P. 236-243. - DOI 10.24412/2500-1000-2024-6-1-236-243. - EDN SJMLVQ. [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-bpla-i-ih-demaskiruyuschih-faktorov-dlya-sredstv-obnaruzheniya/viewer> (date of access 03/27/2025).