



УДК 621.396.965
ГРНТИ 78.25.35

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ЗАЩИТЫ ОТ ДРОНОВ

В.Ю. ФАЛИЛЕЕВ

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Р.Р. ШАТОВКИН, доктор технических наук

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

В статье проведен анализ рынка российских автоматизированных комплексов защиты от дронов. Установлено, что принцип функционирования большинства из них основан на радиомониторинге. При этом в качестве вспомогательных средств используются оптико-электронные системы видимого и инфракрасного диапазонов. Радиолокационные способы обнаружения, в основном, не использованы, что является значительным недостатком представленных комплексов, снижающим дальность обнаружения беспилотного летательного аппарата. Кроме того, в рамках вторичной обработки информации не реализуется сопровождение беспилотных летательных аппаратов, что существенно ослабляет предпринимаемые меры по защите от них.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, автоматизированный комплекс защиты, обнаружение, распознавание типа, идентификация сигналов.

ANALYSIS OF EXISTING AUTOMATED PROTECTION COMPLEXES AGAINST DRONES

V.YU. FALILEEV

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

R.R. SHATOVKIN, Doctor of Technical sciences

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

In the article the analysis of the Russian market of automated systems for protection against drones. It is established that the principle of functioning of most of them is based on radio monitoring. In this case, optical-electronic systems of the visible and infrared ranges are used as auxiliary tools. Radar detection methods are mostly not used, which is a significant disadvantage of the presented complexes, which reduces the detection range of a drones. In addition, the secondary processing of information does not support tracking drones, which significantly weakens the measures taken to protect against them.

Keywords: unmanned aerial vehicle, automated protection system, detection, type recognition, signals identification.

Введение. Анализ локальных войн и военных конфликтов последних лет показывает, что для решения широкого круга задач (разведки, нанесения ударов и т.д.) все чаще применяются беспилотные летательные аппараты (БЛА). Современные БЛА имеют сигнатуры небольшой величины, так как их делают из композитных материалов и пластика со специальной окраской и с особой комбинацией слоев, их небольшие бензиновые (и тем более электрические) двигатели мало излучают тепла и работают почти бесшумно. Вследствие этого решение задачи обнаружения БЛА средствами, используемыми для обнаружения и сопровождения пилотируемых летательных аппаратов, практически невозможно. Однако в настоящее время на российском рынке представлены автоматизированные комплексы, способные решать задачи обнаружения и распознавания типа воздушной цели такого класса.



Цель работы – провести анализ существующих российских автоматизированных комплексов защиты от дронов и определить основные способы обнаружения, идентификации сигнала и распознавания типа БЛА, реализованные в них.

Актуальность. В настоящее время на рынке представлены как автоматизированные комплексы защиты от дронов, работающие на одном из способов обнаружения (оптического, радиолокационного и т.д.), так и сочетающие несколько способов, что является, с учетом сложности задачи обнаружения БЛА, наилучшим решением.

Наиболее эффективным решением является комбинирование основных способов обнаружения: использование радиолокационных станций (РЛС), оборудования радиомониторинга, инфракрасных (ИК) и оптических видеокамер. Данный вариант является дорогостоящим, но каждый из способов дополняет другой, и, таким образом, уменьшается количество ложных обнаружений и увеличивается общая эффективность системы.

Алгоритм работы следующий: РЛС обнаруживает БЛА, параллельно с этим комплекс принимает сигналы, и ищет среди них подозрительные, далее видеокамеры наводятся на предполагаемый объект, и принимается решение о передаче команды на подавление, перехват или уничтожение цели [1].

Основная идея данного комплекса технических средств заключается в децентрализованном расположении модулей, непрерывно обменивающихся друг с другом по зашифрованным и помехоустойчивым каналам связи служебной информацией. Это способствует повышению эффективности работы комплекса и сложности выведения из строя или физического уничтожения данных модулей. Благодаря тому, что комплекс состоит из блоков, возможно создание необходимой конфигурации для специфики выполнения конкретной задачи. Также, комплекс обладает устойчивостью к сторонним электромагнитным воздействиям и подсистемой активного противодействия угрозам, заключающейся в способности к самостоятельному принятию решения об ответных мерах или передаче команд на обеспечение помощи и поддержки.

Контроль за решениями, принимаемыми комплексом обнаружения БЛА и задания необходимых параметров осуществляет оператор.

Задачей модуля РЛС является безошибочное обнаружение БЛА на максимально большом расстоянии в условиях со сложной радиолокационной обстановкой и сбор информации, необходимой для проведения анализа, к которой относится дальность до БЛА, его радиальная скорость, а также распознавание типа объекта.

Общая эффективность системы зависит как от индивидуальных характеристик передатчика, антенны, приемника, слаженной работы между ними, так и от метода радиолокации.

Учитывая специфику поставленной задачи, которую необходимо решить, необходимо найти компромисс между мощностью передатчика и диапазоном волн, размерами антенны и ее диаграммы направленности, способностью приемника обработать поступающую информацию и выбором подходящего метода радиолокации, такого как частотный, фазовый и импульсный.

Благодаря оптимальной комбинации технических ресурсов возможно обнаружение БЛА на достаточно больших дистанциях, а также распознавание дронов со слабовыраженными разведпризнаками (следующие автономно по полетному заданию или работающие на нетипичных радиочастотах).

Модуль со средствами радиомониторинга выполняет задачу обнаружения передатчиков, установленных на БЛА, определения их типа, основных характеристик и сбора информации для осуществления перехвата управления. Основными и определяющими факторами эффективности функционирования системы являются характеристики радиоприемного устройства и антенны, а также выбор метода радиомониторинга – поискового или беспойскового.



Поисковый способ заключается в поиске информативного сигнала в заданной полосе частот, который подразделяется на медленный поиск, средний и быстрый.

При беспойсковом способе, поиск ведется в широком диапазоне частот, с использованием одноканальных и многоканальных приемников.

Каждый из способов поиска имеет свои достоинства и недостатки, и выбор зависит от специфики решаемой задачи.

Радиоприемное устройство должно быть оборудовано декодерами, демодуляторами и средствами для проведения автоматического и ручного технического анализа принятых сигналов.

Одной из возможностей улучшения системы является создание БЛА-разведчика, снабженного комплексом разведывательных средств электромагнитного спектра, способного, при необходимости, подлететь ближе к возможной (спорной) воздушной цели и сообщить информацию в главный узел напрямую или через вспомогательные узлы приемо-передающих автономных антенн.

Центральным узлом функционирования интегрированного комплекса, на который непрерывно в автоматическом режиме приходит вся обработанная информация от модулей, является компьютер в защищенном исполнении с установленным на него специальным программным обеспечением, способным принимать решения в автоматическом режиме.

Из решений это могут быть следующие варианты:

– передача команды о задействовании средств ИК и оптических камер для подтверждения обнаружения цели;

– передача команды на уточнение поступившей информации другому комплексу, работающему в составе системы обнаружения БЛА;

– передача команды БПЛА, входящему в комплекс системы обнаружения БЛА, для подлета к предполагаемому месту нахождения для принятия решения о факте обнаружения;

– передача команды на подавление, перехват или уничтожение цели средствами, входящим в состав системы подавления и уничтожения БЛА;

– информирование оператора комплекса противодействия БЛА о факте обнаружения БЛА или ложной тревоге.

Одной из возможностей по улучшению системы является разнесение небольших принимающих и передающих автономных антенн на большой площади. Информация передается на центральный пункт обработки информации, и, после сопоставления с данными главного узла, принимается решение о дальнейших действиях. При необходимости, данные антенны могут передавать информацию на несколько центральных пунктов обработки, создавая, таким образом, сеть обнаружения БЛА, площадь действия которой может достигать сотен или тысяч квадратных километров.



Рисунок 1 – Система обнаружения БЛА «Соловей-2»



Из систем обнаружения БЛА, предлагаемых в настоящее время на рынке, следует отметить *систему обнаружения «Соловей-2»*, предназначенную для автоматического обнаружения и идентификации радиосигналов БЛА, а также передачи сигнала тревоги на пост охраны (рисунок 1) [2].

Система обнаружения БЛА «Соловей-2» состоит из трех основных частей: антенной системы (прием сигналов в заданных диапазонах частот); устройства обнаружения БЛА (запись и анализ сигналов в заданных частотных диапазонах); пульта управления (управление системой обнаружения, сигнализация наличия БЛА в зоне ответственности системы).

Она обеспечивает обнаружение как профессиональных моделей, управляемых оператором на значительном расстоянии, по поступающему с видеокамеры сигналу, так и моделей нижнего ценового сегмента, требующих присутствия оператора в непосредственной близости от БЛА.

Система обнаружения БЛА «Соловей-2» с дальностью обнаружения до 1500 м позволяет:

- обнаружить радиосигналы канала управления БЛА (радиолиния «Пульт управления – БЛА»);
- обнаружить радиосигналы передачи данных БЛА (радиолиния «БЛА – Пульт управления»);
- обнаружить радиоканалы БЛА в основных используемых на сегодняшний день диапазонах частот: 433 МГц / 868 МГц / 900 МГц / 1200 МГц / 2,4 ГГц / 5,8 ГГц;
- определить идентификационный номер БЛА (при передаче по каналу управления в открытом виде).

Мобильная система обнаружения БЛА «Снегирь» (рисунок 2) предназначена для автоматического обнаружения и идентификации радиосигналов БЛА, а также передачи сигнала тревоги на пост охраны [2].



Рисунок 2 – Мобильная система обнаружения БЛА «Снегирь»

Система обнаружения БЛА «Снегирь» обеспечивает обнаружение как профессиональных моделей, управляемых оператором на значительном расстоянии по поступающему с видеокамеры сигналу, так и моделей нижнего ценового сегмента, требующих присутствия оператора в непосредственной близости от БЛА.



Оборудование может комплектоваться дополнительной направленной антенной, что позволяет существенно увеличить дальность обнаружения в выбранном направлении.

Мобильная система обнаружения «Снегирь» с дальностью обнаружения до 1500 м обеспечивает:

- оперативное развертывание изделия в месте его использования (время развертывания – 5 минут);
- достаточное время работы от аккумуляторных батарей – не менее 120 минут;
- обнаружение радиосигналов канала управления БЛА (радиолиния «Пульт управления – БЛА»);
- обнаружение радиосигналов передачи данных БЛА (радиолиния «БЛА – Пульт управления»);
- обнаружение радиоканалов БЛА осуществляется в основных используемых на сегодняшний день диапазонах частот: 433 МГц / 868 МГц / 900 МГц / 1200 МГц / 2,4 ГГц / 5,8 ГГц;
- определение идентификационного номера БЛА (при передаче по каналу управления в открытом виде).

Комплекс обнаружения и защиты от БЛА «Стриж-3» (рисунок 3) обеспечивает создание пространственного барьера от проникновения БЛА на территорию охраняемого объекта путем обнаружения радиосигналов БЛА и последующей постановки помех в диапазонах частот каналов управления и/или (на выбор оператора) сигналов навигации: Beidou/Galileo/Glonass/GPS [2].



Рисунок 3 – Комплекс обнаружения и защиты от БЛА «Стриж-3»

Комплекс обнаружения и защиты от БЛА «Стриж-3» состоит из двух основных частей: модуль устройства обнаружения БЛА (прием, запись и анализ сигналов в заданных частотных диапазонах) и устройства защиты от БЛА (постановка помех в диапазонах частот каналов управления и навигации); пульт управления и сигнализации (управление системой защиты, сигнализация наличия БЛА в зоне ответственности системы).



Комплекс обнаружения и защиты от БЛА «Стриж-3» размещается на мачте или крыше высотного здания. Пульт управления и сигнализации устанавливается в помещении дежурной службы.

Основные характеристики комплекса:

– рабочие диапазоны частот обнаружения: 433 МГц / 868 МГц / 900 МГц / 1,2 ГГц / 2,4 ГГц / 5,8 ГГц;

– рабочие диапазоны частот подавления: 433 МГц / 868 МГц / 900 МГц / 1,6 ГГц / 2,4 ГГц / 5,8 ГГц;

– дальность обнаружения: до 1500 м;

– дальность подавления: до 1000 м;

– максимальная выходная мощность на канал: не менее 5 Вт;

– интерфейс управления Ethernet;

– возможность перевода оборудования в режим радиоэлектронного подавления БЛА по команде от других средств обнаружения БЛА (оптического и радиолокационного);

– ведение журнала событий с фиксацией следующих данных: дата/время обнаружения, модель БЛА/модуля связи, идентификационный номер БЛА + пульт управления (при передаче в канале управления без шифрования), сектор обнаружения.

Мобильный комплекс обнаружения и защиты от БЛА «Скворец» (рисунок 4) обеспечивает создание пространственного барьера от проникновения БЛА на территорию охраняемого объекта путем обнаружения радиосигналов БЛА и последующей постановки помех в диапазонах частот каналов управления и/или (на выбор оператора) сигналов навигации: Beidou/Galileo/Glonass/GPS [2].



Рисунок 4 – Мобильный комплекс обнаружения и защиты от БЛА «Скворец»

Мобильный комплекс обнаружения и защиты от БЛА «Скворец» состоит из четырех основных частей: устройства обнаружения БЛА (управление оборудованием, прием, запись и анализ сигналов в заданных частотных диапазонах); устройства защиты от БЛА (постановка помех в диапазонах частот каналов управления и навигации); блока аккумуляторных батарей (обеспечение автономного электропитания система защиты от БЛА «Скворец»); пульта управления и сигнализации (дистанционное управление системой защиты, сигнализация наличия БЛА в зоне ответственности системы).



Место размещения комплекса «Скворец» выбирается исходя из необходимости. Пульт управления и сигнализации устанавливается в помещении дежурной службы.

Основные характеристики комплекса:

- оперативное развертывание изделия в месте его использования (время развертывания – 10 минут);
- длительное время работы от аккумуляторных батарей – не менее 120 минут;
- рабочие диапазоны частот обнаружения: 433 МГц / 868 МГц / 900 МГц / 1,2 ГГц / 2,4 ГГц / 5,8 ГГц;
- рабочие диапазоны частот подавления: 433 МГц / 868 МГц / 900 МГц / 1,6 ГГц / 2,4 ГГц / 5,8 ГГц;
- дальность обнаружения: до 1500 м;
- дальность подавления: до 1000 м;
- максимальная выходная мощность на канал: не менее 5 Вт;
- интерфейс управления Ethernet;
- возможность перевода оборудования в режим радиоэлектронного подавления БЛА по команде от других средств обнаружения БЛА (оптического и радиолокационного);
- ведение журнала событий с фиксацией следующих данных: дата/время обнаружения, модель БЛА/модуля связи, идентификационный номер БЛА + пульт управления (при передаче в канале управления без шифрования), сектор обнаружения.

Система обнаружения дронов (детектор дронов) *Aaronia* (рисунок 5) предназначена для обнаружения несанкционированного вторжения БЛА и основана на направленном измерении электромагнитного излучения дронов в реальном времени [3].



Рисунок 5 – Система обнаружения дронов (детектор дронов) *Aaronia*

Детектор дронов не имеет ограничений по дальности применения – обычно дальность равна или превышает расстояние между дроном и оператором – и всегда зависит от мощности



приемопередатчиков оператора и дрона. В зависимости от типа БЛА, это расстояние может превышать несколько километров.

Система мониторинга БЛА может быть использована буквально везде. Типичные сценарии – защита резиденций, правительственных зданий и коммерческих или промышленных объектов.

Доступны односторонние и многосторонние решения, в зависимости от типа объектов (территорий) для мониторинга. Аппаратная часть системы состоит из двух элементов – трехмерной антенны Aaronia IsoLOG 3D и анализатора спектра реального времени (например, Aaronia Spectran XFR V5 PRO) со специальным программным обеспечением RTSA.

Система обеспечивает круглосуточный мониторинг и бесшовную запись данных (до 4 ТБ в день). Компактность и гибкость системы позволяют размещать ее на любом объекте, который необходимо контролировать.

Радар обнаружения БЛА «Стопдрон-Горизонт» (рисунок 6) предназначен для дальнего (до 10 км) обнаружения малозаметных воздушных целей. Благодаря специализированной обработке отраженного сигнала происходит ее распознавание в качестве дрона [4].



Рисунок 6 – Радар обнаружения БЛА «Стопдрон-Горизонт»

Радар «Стопдрон-Горизонт» выполняет функцию раннего обнаружения БЛА за пределами объекта на больших дистанциях, а также позволяет распознать дроны со слабо выраженными разведпризнаками: следующие автономно по полетному заданию, работающие на нетипичных радиочастотах.

Основные характеристики радара:

- дальность обнаружения дрона: до 10 км;
- охват по азимуту: до 360° (вращение на опорно-поворотном механизме);
- охват по углу места: от -40° до +60° (наклон на опорно-поворотном механизме);
- частота излучения: 16,97 ГГц, Ku-диапазон;
- мощность излучения: 8 Вт;
- потребляемая мощность: 0,5 кВт.



Комплекс оптического распознавания и направленного прерывания сигнала БЛА «Стопдрон-Импульс» (рисунок 7) [4].



Рисунок 7 – Комплекс оптического распознавания и направленного прерывания сигнала БЛА «Стопдрон-Импульс»

При поступлении сигнала тревоги от радара «Стопдрон-Горизонт» активируется комплекс оптического распознавания и направленного прерывания сигнала БЛА «Стопдрон-Импульс». Он наводится на воздушную цель по координатам, получаемым от радара. После этого происходит подтверждение воздушной цели в качестве БЛА по визуальным параметрам. Соосно камерам оптического распознавания на комплексе установлен пакет антенн направленного прерывания сигнала БЛА.

В зависимости от задачи можно применять либо режим полной блокировки всех сигналов управления, видеотрансляции и навигации дрона (что влечет его аварийную посадку), либо режим принудительного возврата дрона на точку взлета.

Основные характеристики блока оптического обнаружения и распознавания воздушной цели:

- дальность обнаружения дрона: 4 км – для оптической камеры, 1,1 км – для ИК-камеры;
- охват по азимуту: до 360° (вращение на опорно-поворотном механизме);
- охват по углу места: от -40° до +60° (наклон на опорно-поворотном механизме);
- оптическое увеличение: до 36х – для оптической камеры, до 5х – для ИК-камеры.

Система направленного/триангуляционного радиочастотного обнаружения БЛА «Стопдрон-Пеленг» (рисунок 8) [4].



Рисунок 8 – Система направленного/триангуляционного радиочастотного обнаружения БЛА «Стопдрон-Пеленг»



Антенна сканирования радиозфира «Стопдрон-Пеленг» позволяет обнаруживать источники радиосигнала на объекте и вокруг него. Благодаря специализированной базе данных определяется принадлежность радиосигнала к цели класса «беспилотник», происходит идентификация марки и протокола БЛА. При использовании одной антенны система определяет направление на дрон. При установке двух и более антенн методом триангуляции засекается и отслеживается в режиме реального времени местоположение БЛА.

Радиочастотный способ обнаружения позволяет оповещать о появлении дрона в момент его включения на земле, при его полете за препятствиями, а также при нахождении дрона над объектом на углах, близких к зениту, то есть в ситуациях, когда обнаружение радаром или оптической/ИК-камерой затруднено.

Основные характеристики системы направленного/триангуляционного радиочастотного обнаружения БЛА «Стопдрон-Пеленг»:

- дальность обнаружения дрона: до 7 км;
- охват по азимуту: до 360°;
- охват по углу места: 60°.

При необходимости все три элемента могут быть сведены в единый интегрированный комплекс защиты от БЛА «Стопдрон-Арсенал» (рисунок 9) [4].



Рисунок 9 – Интегрированный комплекс защиты от БЛА «Стопдрон-Арсенал»

Комплекс предназначен для обнаружения и противодействия БЛА путем многофакторного мониторинга воздушного пространства и направленного прерывания сигнала дронов. Детектирующие и исполнительные элементы комплекса размещаются таким образом, чтобы над объектом и прилегающими территориями сформировалась область эшелонированной защиты от БЛА. Количество элементов комплекса может масштабироваться по мере необходимости.

Вывод. В результате анализа российского рынка автоматизированных комплексов защиты от дронов было установлено, что принцип функционирования большинства из представленных на рынке комплексов и систем основан на радиомониторинге. При этом в качестве вспомогательных средств используются оптико-электронные системы видимого и ИК



диапазонов. Радиолокационные способы обнаружения, в основном, не использованы, что является значительным недостатком представленных комплексов, снижающим дальность обнаружения БЛА. Кроме того, в рамках вторичной обработки информации не реализуется сопровождение БЛА, что существенно ослабляет предпринимаемые по защите от них меры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филин Е.Д., Киричек Р.В. Методы обнаружения малоразмерных беспилотных летательных аппаратов на основе анализа электромагнитного спектра. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://russiandrone.ru/publications/metody-obnaruzheniya-malorazmernykh-bespilotnykh-letatelnykh-apparatorov-na-osnove-analiza-elektromagn> (дата обращения 27.08.2019).
2. Системы обнаружения БЛА. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://antidron.pro/katalog/obnaruzhenie-bespilotnikov-sled> (дата обращения 27.08.2019).
3. Система обнаружения беспилотных летательных аппаратов. [Электронный ресурс]. Режим доступа. <https://www.2test.ru/solutions/importozameshchenie/sistemy-monitoringa-i-bezopasnosti/sistema-obnaruzheniya-bespilotnykh-letatelnykh-apparatorov.html> (дата обращения 27.08.2019).
4. «Стопдрон» – защита от беспилотных летательных аппаратов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stopdron.ru> (дата обращения 27.08.2019).

REFERENCES

1. Filin E.D., Kirichek R.V. Metody obnaruzheniya malorazmernykh bespilotnykh letatel'nykh apparatorov na osnove analiza `elektromagnitnogo spektra. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://russiandrone.ru/publications/metody-obnaruzheniya-malorazmernykh-bespilotnykh-letatelnykh-apparatorov-na-osnove-analiza-elektromagn> (data obrascheniya 27.08.2019).
2. Sistemy obnaruzheniya BLA. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://antidron.pro/katalog/obnaruzhenie-bespilotnikov-sled> (data obrascheniya 27.08.2019).
3. Sistema obnaruzheniya bespilotnykh letatel'nykh apparatorov. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa. <https://www.2test.ru/solutions/importozameshchenie/sistemy-monitoringa-i-bezopasnosti/sistema-obnaruzheniya-bespilotnykh-letatelnykh-apparatorov.html> (data obrascheniya 27.08.2019).
4. «Stopdron» - zaschita ot bespilotnykh letatel'nykh apparatorov. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://stopdron.ru> (data obrascheniya 27.08.2019).

© Фалилеев В.Ю., Шатовкин Р.Р., 2020

Фалилеев Вячеслав Юрьевич, начальник кафедры Сухопутных войск, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, falileev969@gmail.com.

Шатовкин Роман Родионович, доктор технических наук, старший преподаватель кафедры радиоэлектроники, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, Shatovkin@yandex.ru.