

СПОСОБЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ

METHODS OF CO-OPERATION WITHOUT FLAMMABLE AIRCRAFT

V. Semenets
M. Trukhin

Summary. Today the urgency of operational counteraction to unmanned aerial vehicles is very high. A modern unmanned vehicle is able not only to conduct video reconnaissance in a given territory, but also to maintain a specific object for a long time. A «tethered» aircraft can for several days or even months to monitor the territory attached to it, transport dangerous goods and commit terrorist attacks.

In this article, we will examine the main types of unmanned aerial vehicles, as well as modern methods of combating their unauthorized entry into the protected area. We will analyze the efficiency of the above methods with respect to various types of unmanned vehicles.

Keywords: Unmanned aerial vehicle, Multicopters, Converters, Glider, Classification of unmanned vehicles, Counteraction methods

Семенец Вячеслав Олегович

Аспирант, Уральский

Технический институт связи

И информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский
государственный университет телекоммуникаций
и информатики» в г. Екатеринбурге
sublane@mail.ru

Трухин Михаил Павлович

К.т.н., Уральский технический институт связи

и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский

государственный университет телекоммуникаций
и информатики» в г. Екатеринбурге

mptru@mail.ru

Аннотация. Сегодня актуальность оперативного противодействия беспилотным летательным аппаратам очень высока. Современный беспилотный аппарат способен не только вести видеоразведку на заданной территории, но и наблюдать конкретный объект в течение длительного времени. «Привязные» летательные аппараты могут на протяжении нескольких дней или даже месяцев вести наблюдение за прикрепленной к нему территорией, перевозить опасные грузы и совершать террористические атаки.

В статье рассмотрены основные виды беспилотных летательных аппаратов, а так же современные методы борьбы с их несанкционированным проникновением на охраняемую территорию. Определена эффективность приведенных методов по отношению к различным типам беспилотных аппаратов.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, мультикоптеры, конвертопланы, глайдер, классификация беспилотных аппаратов, методы противодействия.

1. Классификация беспилотных аппаратов

Проведем классификацию беспилотных летательных аппаратов по конструктивным особенностям с указанием их влияния на спектр решаемых этими аппаратами задач.

Самолёты. Это беспилотные летательные аппарата, которые имеют в своей конструкции одно или несколько крыльев, зафиксированных на корпусе.

За счет высоких аэродинамических свойств они обладают высокой скоростью и дальностью полета, но уступают другим аппаратам в мобильности и маневренности. Так же серьезным недостатком является сложность управления, что сильно повышает риск аварии в руках неопытного пилота.

Мультикоптеры. Представляют собой корпус, произвольной формы с различным числом пропеллеров. Как правило, их число от 2 до 8 винтов.

Управление такими беспилотными летательными аппаратами простое, а распределенные винты и возможность зависания в воздухе делает их очень маневренными. Главным недостатком является низкая скорость и продолжительность полета.

Вертолеты. Летательные аппараты данного типа имеют один или несколько винтов и представляют собой классический вертолет. Основными достоинствами является более продолжительное время работы, возможность зависания в воздухе и более простое управление. К недостаткам относится относительно малое время работы.

Конвертопланы. Беспилотные летательные аппараты, которые могут взлетать и садиться вертикально за счет того, что его двигатели могут поворачиваться на 90–180 градусов. После взлета они продолжают полет как обычные самолеты и опираются на крыло, зафиксированное на корпусе.

Глайдеры (планеры). Это беспилотные летательные аппараты, которые не имеют двигателя или имеют двигатель невысокой мощности, который не может обеспечить самостоятельный взлет и постоянное пребывание аппарата в воздухе, но позволяет корректировать траекторию и курс движения. [1,2]

Тейлситтеры. Беспилотный летательный аппарат, который, оказавшись в воздухе, изменяет свое положение на горизонтальное и продолжает полет как самолет. В момент посадки, аппарат вновь принимает вертикальное положение и производит приземление на специальные приспособления. К достоинствам этого типа следует отнести способность вертикального взлета как у коптера (не требует катапульты или ВПП), возможность полета по-самолетному с опорой на фиксированное крыло и способность к зависанию в заданной точке.

Привязные беспилотники. Данный тип беспилотных летательных аппаратов был разработан с целью отделения от него батареи питания, так как она является самым тяжелым элементом конструкции. Соответственно такие беспилотные летательные аппараты соединяются с наземными элементами питания проводом. Данная конструкция позволяет беспилотнику неделями находиться в воздухе. Как следствие, такие аппараты неспособны передвигаться на большие расстояния, но зато отлично зависают в воздухе, что делает их незаменимыми в задачах, связанных с наблюдением или функциями ретрансляции, приема или передачи сигналов. [2,5]

2. Вредоносные функции беспилотных летательных аппаратов

Оптическая разведка. Это самое распространенное применение беспилотных летательных аппаратов нарушителями. Как правило, на аппарат крепится камера, которая производит съемку местности и передает данные оператору или же производит запись в карту памяти. Съемка может продолжаться от нескольких минут, до нескольких дней и даже больше, например, в случае использования привязного беспилотного аппарата со стационарной батареей питания. Задачи разведки может выполнять практически любой тип беспилотников, поэтому универсальный метод борьбы с данным типом нарушителей подобрать практически невозможно. Однако можно с уверенностью сказать, что в данном случае наиболее дешевым и универсальным способом

будет программный взлом и дальнейшей дезактивация летательного аппарата. Механические способы воздействия на «летающие камеры» возможны к применению, однако стоит учитывать, что они довольно дороги в установке и обслуживании, поэтому их применение возможно только на особо важных объектах. [4,2]

Несанкционированная доставка грузов. Объектами риска в данной ситуации могут быть колонии и тюрьмы, пограничные зоны, охраняемые открытые объекты с зоной досмотра и другие объекты. Поэтому высота полета летательного аппарата должна быть небольшой, а мобильность и маневренность должны отвечать высоким требованиям. Для доставки грузов подходят только мультикоптеры, так как только они отвечают данным требованиям. Например, аппарат Walkera QR X800 способен поднимать грузы до 1.5 кг. Хорошим способом борьбы в данных ситуациях будут сети, так как они позволяют обезвредить летательный аппарат и получить переносимый им груз. Однако не на всех объектах, возможно, установить данные комплексы защиты. Вторым способом борьбы в данном случае является отправка сигналоподобной помехи с целью подачи команды на посадку. Однако данный метод требует определенных навыков и времени при калибровке оборудования. [4]

Диверсионные задачи. В случае возникновения диверсионной угрозы, главным фактором становится время. Беспилотный летательный аппарат, необходимо обезвредить до момента его активации, поэтому основной задачей является раннее обнаружение угрозы. Малый летательный аппарат неспособен переносить много взрывчатого вещества, поэтому нарушитель будет стараться, как можно ближе приблизиться к цели, что бы произвести максимально точный удар и принести как можно больший ущерб. Для выполнения таких задач хорошо подходят одноразовые беспилотные аппараты и, как следствие, перед ними не стоит задачи возврата к оператору. Главной задачей является максимально быстрое обезвреживание такого аппарата или его ликвидация, возможны варианты перехвата управления и устранение из охраняемой зоны. Хорошим способом противодействия будут: лазерные установки и дроны перехватчики, так как они способны обезвредить объект на максимально большом расстоянии. В случае заблаговременного обнаружения цели возможны меры по перехвату управления.

Радиоэлектронная борьба. Задачей аппарата в данном случае является искажения или глушение сигнала сотовой, спутниковой и других видов радиосвязи. Если ставится долговременное воздействие, то задача может выполняться привязными беспилотниками, а так же мультикоптерами и вертолетами, способными длитель-

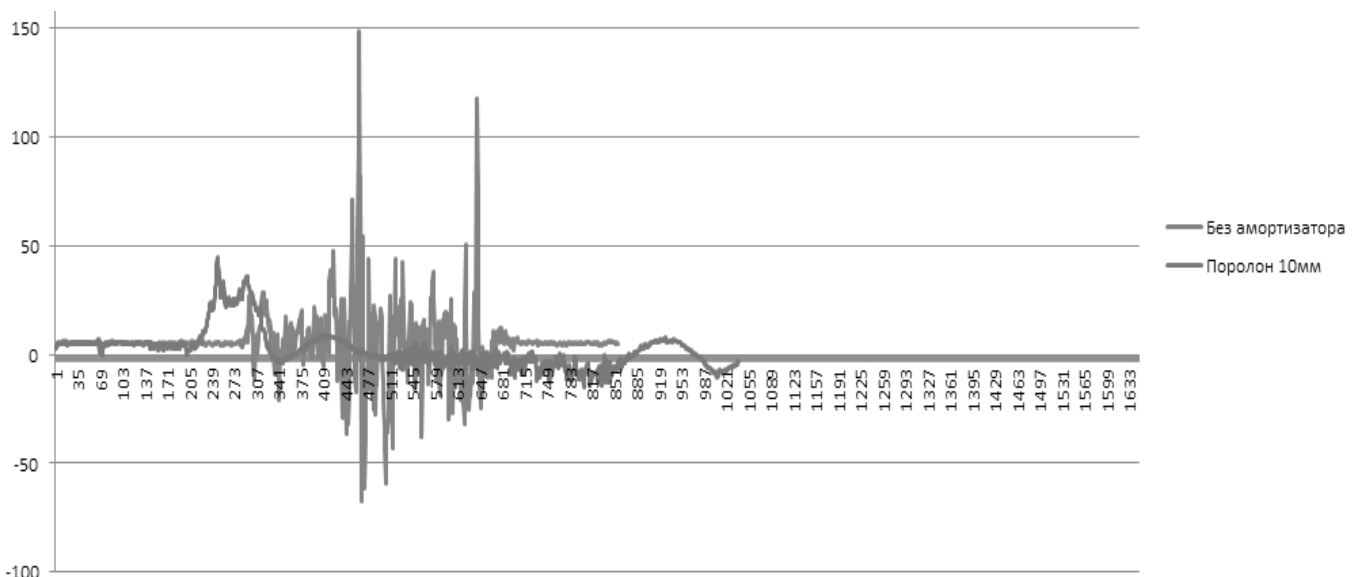


Рис. 1. Влияние антивибрационной прокладки на уровень шума

ное время зависать в воздухе. В данной ситуации фактор времени менее важен, чем в случае с диверсией, поэтому возможно обезвреживание летательного аппарата любым способом. [5,2]

3. Способы противодействия вредоносным функциям

Снижение уровня опасности от вредоносного воздействия со стороны беспилотных летательных аппаратов обусловлено в первую очередь их конструкцией, системами внешнего и внутреннего управления полетом, а также кругом решаемых задач.

Акустические методы. Беспилотные летательные аппараты всегда оснащаются гироскопом, который работает на определенной частоте. Если получится подобрать нужную частоту, то гироскоп можно ввести в состояние резонанса, при котором беспилотник становится практически не управляем. Как следствие возникает аварийная ситуация и аппарат выходит из строя. Главной проблемой повсеместного использования данного метода защиты, является сложность подбора резонансной частоты. Некоторые гироскопы работают в ультразвуковом диапазоне, а некоторые в слышимом диапазоне. Команда из института KAIST подтвердила экспериментально эффективность данного метода в 50% случаев, из чего можно сделать вывод о том, что данный метод не является универсальным. [6,2]

Известны случаи, когда удавалось сделать мульткоптер практически неуправляемым, создавая шумы для акселерометра. Есть ряд своих источников вибраций и помех для данного устройства, например, пропелле-

ры, вентиляльные двигатели, крепления, которые производители пытаются уменьшить с помощью фильтров.

Ниже на рисунке 1 показан график уровня вибрационного шума без использования и с использованием амортизирующей прокладки.

Как видно, если не защищать таким образом акселерометр летательного аппарата, то высокочастотные шумы становятся слишком большими и мешают работе системы стабилизации. На основании этих данных можно сделать вывод, что именно акселерометр так же может быть уязвимым местом для акустических методов борьбы с беспилотниками. [7]

Лазерные системы — одно из самых перспективных направлений, так как обладают внушительными поражающими воздействиями и в то же время имеют компактные размеры. При испытаниях в Аризоне (США) мощность лазера всего в 2 кВт позволила вывести из строя беспилотный летательный аппарат малых размеров посредством повреждения сенсоров, датчиков, винтов и других уязвимых элементов. Собранный современный прототип данной установки имеет вес около 300 килограмм, водяную систему охлаждения и резервную систему питания от аккумуляторов. Так же на рынок еще в 2015 году вышла немецкая установка мощностью чуть менее 40 кВт, способная уничтожать цели на расстоянии до 5 километров.

Микроволновые методы. Принцип действия данной защиты в том, чтобы дистанционно вывести из строя часть бортовой электроники беспилотного аппарата. Этот метод является практически универсальным, од-

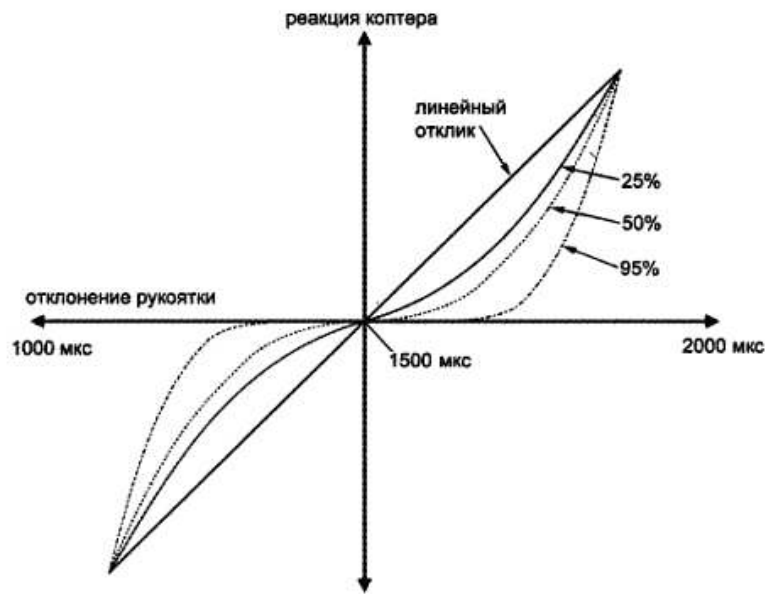


Рис. 2. Влияние экспоненты на сигнал управления

нако требует очень больших энергетических затрат и применения дорогостоящего оборудования. Поэтому подобными установками могут быть оснащены только крупные предприятия и оборонные комплексы. Кроме того специфика применения установки не гарантирует безопасность других летающих объектов в зоне поражения оборонительного сооружения.

Радиоэлектронная борьба. Существуют и разрабатываются радиоэлектронные системы (РЭС) различного противодействия вредоносным действиям беспилотников. Можно выделить следующие виды:

- ◆ системы автоматического обнаружения беспилотника в заданном секторе (оптические, радарные, акустические, по радиоизлучению, комбинированные); [8]
- ◆ системы перехвата управления беспилотником;
- ◆ системы постановки помех в канале управления беспилотником;
- ◆ системы постановки помех для работы систем геопозиционирования аппарата на частотах GPS/ГЛОНАСС и других систем спутникового геопозиционирования;
- ◆ системы, вносящие помехи в работу бортовой электроники, включая системы уничтожения бортовой электроники (системы на базе электромагнитных излучений, микроволновые системы).

В США были представлены противоугонные системы нового поколения, которые способны обнаружить беспилотник-нарушитель, заглушить исходящий от него сигнал и обезвредить его. Регламентируемая дальность

данной системы — около 2 км. Рабочая модель представлена американской компанией DroneShied.

Сети. Захват дрона сетью — технически самый нехитрый способ борьбы с беспилотными аппаратами. Данные установки бывают двух типов:

- ◆ захват нарушителя с помощью дрона перехватчика. Достаточно подлететь к цели, накинуть на нее сеть и она сама запутается в винтах, тем самым сбив нарушителя; [8,10]
- ◆ второй метод подразумевает наземную установку, которая с земли будет метать сеть в нарушителя.

Оба метода требуют определенной сноровки и навыков, что так же не делает данный способ универсальным.

Хаккинг беспилотника — очень популярное направление борьбы с беспилотными летательными аппаратами, состоящее в перехвате управления стороной защиты. Иногда задача перехвата состоит в принудительной посадке и захвате устройства в целях кражи. Данное направление борьбы с беспилотниками динамично развивается, но так же быстро производители находят способы защиты программного обеспечения (ПО) от внешнего проникновения.

Выделяют следующие основные способы перехвата беспилотников:

- ◆ получение доступа к управлению за счет взлома зашифрованного канала связи или подмены данных авторизации;

- ◆ использование уязвимостей ПО, включая пере-полнение буфера;
- ◆ использование интерфейсов и каналов данных оригинального ПО для «протаскивания» стороннего кода.

Известно, что одним из важных параметров, которые определяют качество и комфорт пилотирования является экспонента. Это нелинейное поведение отклика системы на изменение сигнала управления. Принцип формирования нелинейного сигнала определяется по следующей формуле

$$\exp(x) = \frac{e^{kz} - 1}{e^k - 1} \quad (1)$$

где x — значение сигнала отклонения; k — коэффициент пропорциональности. Чтобы постоянно не загружать процессор подобными вычислениями, эти данные вычисляются заранее и потом просто подставляются в систему управления. Во время управления с пульта они накладываются на линейную зависимость согласно формуле

$$Y = N * \exp(x) + (1 - N) * x \quad (2)$$

где N — это доля экспоненты в настройках пульта. Чем больше эта доля, тем сильнее искажается линейная зависимость в соответствии с заранее вычисленными значениями (рис. 2). Большая доля экспоненты позволяет плавно управлять летательным аппаратам, однако не дает быстро реагировать для совершения резких маневров. [7,9]

Уровень влияния экспоненты настраивается индивидуально под каждый летательный аппарат непосредственно оператором. Используя эти данные, можно предположить, что эта настройка является доступной для воздействия из вне. Прямое воздействие на экспоненту не позволит захватить управление аппаратов, однако обеспечит практически полное отсутствие управляемости и может привести к аварийным ситуациям.

Так же воздействие на данный параметр может оказаться значительно проще, чем полностью захватить беспилотный аппарат противника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васи́лин Н. Я. Беспилотные летательные аппараты. М.: Попурри, 2003. 272 с.
2. Vasilin N. Ja. Bepilotnye letatel'nye apparaty [Unmanned Aerial Vehicles]. Moscow: Popurri, 2003. 272 p. (In Russian)
3. Тимоти У.М., Рэндал У. Б. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. М.: Техносфера, 2016. 312 с.
4. Timoti U.M., Rjendal U. B. Malye bepilotnye letatel'nye apparaty: teorija i praktika [Small unmanned aerial vehicles: theory and practice.]. Moscow: Tehnosfera, 2016. 312 p. (In Russian)
5. Тищенко М.А., Некрасов А. С. Вертолеты. Машиностроение. М.: Машиностроение, 1976. 366 с.
6. Tishhenko M.A., Nekrasov A. S. Vertolety. Mashinostroenie [Helicopters. Mechanical engineering]. Moscow: Mashinostroenie, 1976. 312 p. (In Russian)
7. Красильщикова М.Н., Себрякова Г. Г. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов. М.: Физматлит, 2009. 556 с.
8. Krasil'shhikova M.N., Sebrjakova G. G. Sovremennye informacionnye tehnologii v zadachah navigacii i navedenija bepilotnyh manevrennyh letatel'nyh apparatov. [Modern information technologies in the tasks of navigation and guidance of unmanned maneuverable aircraft]. Moscow: Fizmatlit, 2009. 556 p. (In Russian)
9. Зинченко О. Н. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 1) // <http://www.racurs.ru/?page=681>. (дата обращения 12.11.2017).
10. Zinchenko O. N. Bepilotnye letatel'nye apparaty: primenenie v celjah ajerofotos'emki dlja kartografirovanija (chast' 1) [Unmanned aerial vehicles: aerial photography application for mapping (part 1)]. URL: <http://www.racurs.ru/?page=681> (date of access 12.11.2017). (In Russian)

© Семенец Вячеслав Олегович (sublane@mail.ru), Трухин Михаил Павлович (mptru@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»