

А.В. Вавилонский, Д.К. Петухов, А.Е. Корнев, М.Е. Юнеман

Типы и характеристики беспилотных летательных аппаратов: обзор

Представлена общая классификация типов и характеристик беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Рассмотрены основные типы: гибридный, роторный, самолетный, аэростатический и конвертоплановый. Представлены примеры БПЛА каждого типа с приведением их основных полетных и электрических характеристик из открытых источников. Данные результаты будут использоваться при оценке восприимчивости цепей конкретных выбранных БПЛА в задаче противодействия им средствами функционального поражения электромагнитным излучением. Кроме этого, полученные результаты дают представление о возможных подходах к обеспечению ЭМС конкретных БПЛА при воздействии мощными СШП-помехами.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, гибридный тип, самолетный тип, аэростатический тип, конвертоплановый тип, электромагнитная совместимость.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в настоящее время широко используются как в гражданских, так и в военных целях. Так, например, вооруженные силы большинства развитых стран применяют ресурсы БПЛА в различных областях: видео- и фотосъемка, мониторинг, ретрансляция радиосигналов, доставка, разведка, наведение, нанесения урона при ведении боевых действий и др. Широкий список сфер применения также имеется у гражданских БПЛА. Так, одним из самых распространенных направлений является контроль технического состояния различной инфраструктуры, гражданских объектов, лесов и подконтрольных территорий [1].

В общем случае, по принципу полета, можно выделить пять типов БПЛА: роторный, самолетный, аэростатический, конвертоплановый и гибридный [2]. На данный момент существует множество работ, в которых приводятся различные классификации БПЛА: по назначению, по скорости полета, по способу управления, по уровню решаемых задач и др.

При этом, классификация распространяется на американскую, западноевропейскую, российскую и др.

Вместе с этим последнее время отмечено активной работой в области совершенствования комплексов противодействия БПЛА [3]. Наибольший интерес среди всех представляют средства функционального поражения (ФП) мощным электромагнитным излучением (ЭМИ). Принцип работы средств ФП ЭМИ заключается в поражении критичных элементов РЭС БПЛА ввиду локализации помехи в критичных электрических узлах [3].

Между тем обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) РЭС БПЛА, находящихся в зоне действия средств ФП ЭМИ, является непростой задачей. На начальном этапе решения данной задачи целесообразно выполнить обзор типов и характеристик БПЛА, которые могут использоваться при оценке восприимчивости цепей БПЛА в задаче противодействия им. Цель работы – выполнить такое исследование.

Беспилотные летательные аппараты гибридного типа

Гибридные БПЛА сочетают в себе преимущества моделей с неподвижным крылом (высокое вре-

мя полета) с преимуществами моделей на основе винтов (возможность парения) [4]. В качестве примера рассмотрим БПЛА FIXAR 007. БПЛА обладает полной автономностью и предназначен для выполнения миссий с максимальной дальностью полета до 60 км. Крейсерская скорость данного аппарата оценивается в диапазоне от 65 до 72 м/ч, что позволяет ему эффективно выполнять задачи в различных условиях эксплуатации. Полезная нагрузка FIXAR 007 достигает отметки в 2 кг, что позволяет аппарату выполнять широкий спектр задач, включая разнообразные наблюдательные и измерительные функции. Особое внимание уделяется времени полета данного БПЛА (до 60 мин). Высокое время автономной работы открывает перспективы для использования БПЛА в различных сферах, включая наблюдение, картографию, контроль за объектами и другие приложения, где требуется продолжительная работа в воздухе [5]. БПЛА отличается удобной и гибкой конструкцией отсека полезной нагрузки, которая позволяет интегрировать его с любыми сторонними датчиками: RGB, мультиспектральными камерами, гиперспектральными датчиками, лидарными сканерами, камерами ночного видения и др. На рис. 1 представлен внешний вид FIXAR 007.

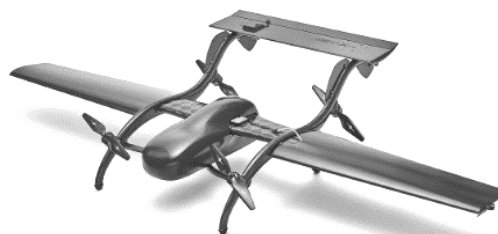


Рис. 1. Внешний вид FIXAR 007

Данный БПЛА выполнен из композитных материалов, таких как: карбон, стеклопластик, металл. Включает в себя навигационный GPS-приемник u-blox M8n (2,7–3,6 В) с процессором STM32F4 (1,8–3,6 В), барометром MS5611 (1,8–3,6 В), инерциальным датчиком MPU6000 (2,375–3,46 В).

Беспилотные летательные аппараты роторного типа

Однороторные БПЛА схожи по конструкции с вертолетами. В отличие от многороторных БПЛА у

них присутствует один большой ведущий винт, а также небольшой по размеру винт на хвосте для контроля курса. В целом у однороторных БПЛА имеется ряд преимуществ: они имеют большее время полета и могут приводиться в действие двигателями внутреннего сгорания [5]. В то же время многороторные БПЛА более стабильны в полете и стабильны в управлении.

Популярной моделью малых БПЛА является Nazgul5 V2. На рис. 2 представлен внешний вид БПЛА.



Рис. 2. Внешний вид Nazgul5 V2 FPV

Данный БПЛА, обладая прочной 5 мм рамой из углеволокна, надежными двигателями XING-E 2207 и пропеллерами Nazgul 5140, а также защитной TPU-оболочкой, представляет собой платформу, позволяющую размещение дополнительных устройств и компонентов для реализации подходов к обеспечению ЭМС ввиду наличия свободного пространства между размещаемыми ПП внутри корпуса, а также в верхней части БПЛА. Размер рамы БПЛА составляет 245 мм, а размер корпуса – 170×170 мм.

Устойчивость и высокая грузоподъемность (до 1 кг) данной модели позволяют интегрировать дополнительные защитные платы для обеспечения дополнительной защиты от средств ФП ЭМИ, что критически важно для обеспечения стабильного функционирования БПЛА в рамках выполняемых задач. Максимальная высота взлета БПЛА составляет 5000 м, а максимальная дистанция полета – 5 км.

В БПЛА используется ряд различных РЭС: полетный контроллер, GPS-датчик, видеопередатчик, регулятор оборотов и др. Для примера рассмотрим полетный контроллер BLITZ F7 V1.1. В его составе используются: микроконтроллер STM32 F722, гироскоп BMI270, барометр DPS310; чип OSD: AT7456E, масса: 7,8 г; ВЕС: 5 В – 2,5 А / 9 В – 2 А.

Беспилотные летательные аппараты самолетного типа

Самолетный тип БПЛА известен также как БПЛА с жестким крылом. Подъемная сила у этих аппаратов создается аэродинамическим способом за счет напора воздуха, набегающего на неподвижное крыло. Аппараты такого типа, как правило, отличаются большой длительностью и максимальной высотой полета, а также высокой скоростью. Далее рассмотрим пример [6].

К БПЛА самолетного типа можно отнести БПЛА односторонней атаки Shahed-131 («Герань-1»). Он изготовлен из углеводородного волокна, усиленного внутренними металлическими опорами. Длина аппарата 2,6 м, размах крыльев – 2,2 м, приблизительная масса – 135 кг.

Внешний вид Shahed-131 («Герань-1») приведен на рис. 3. Блок управления двигателем (ECU)

этого аппарата содержит единую печатную плату с процессором Texas Instruments TMS320 F28335, который контролирует все характеристики двигателя во время полета. Блок управления полетом БПЛА Shahed-131 содержит пять изготовленных на заказ печатных плат с теми же процессорами Texas Instruments TMS320 F28335, набором высокоинтегрированных и эффективных микросхем для сложных процедур управления [7].

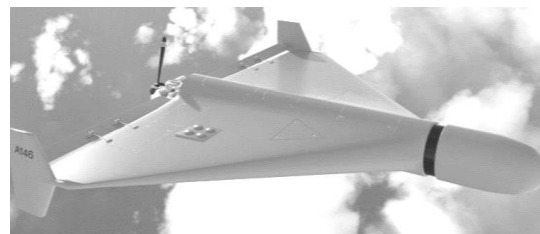


Рис. 3. Внешний вид Shahed-131 («Герань-1»)

Беспилотные летательные аппараты аэростатического типа

БПЛА аэростатического типа – это особый класс БПЛА, в котором подъемная сила создается преимущественно за счет архимедовой силы, действующей на баллон, заполненный легким газом (как правило, гелием). Этот класс представлен, в основном, беспилотными дирижаблями. Наиболее типичные применения современных беспилотных дирижаблей – это видеонаблюдение. Однако в последние годы их все чаще заказывают телекоммуникационные компании для использования в качестве ретрансляторов сигналов. Рассмотрим пример таких БПЛА [8].

К БПЛА аэростатического типа можно отнести дирижабль ДП-27 «Анюта». Дисковидная форма этого аппарата обеспечивает устойчивость к боковому ветру, простоту управления и высокую маневренность этого многоцелевого беспилотного дирижабля. Диаметр корпуса судна – 17 м с объемом оболочки – 522 куб. м, максимальная высота подъема достигает 800 м. Аппарат развивает скорость до 80 км/ч [9]. Энергопотребление комплекта аппаратуры – 1 кВт, напряжение бортовой сети – 27 В. Внешний вид дирижабля ДП-27 «Анюта» приведен на рис. 4.



Рис. 4. Внешний вид дирижабля ДП-27 «Анюта»

Беспилотные летательные аппараты конвертопланового типа

Конвертоплан – летательный аппарат с поворотными винтами, которые на взлёте и при посадке работают как подъёмные, а в горизонтальном полёте – как тянущие [10]. Данные БПЛА применяют в раз-

ных отраслях: в военных целях; для видеосъемки, для мониторинга и анализа технического состояния, например, газовых труб и во многих других сферах. Примером такого БПЛА является «Skywalker X8 Flying Wing 2120 mm» с неподвижным крылом с использованием толкающего двигателя, смонтированного непосредственно на задней стороне фюзеляжа, электрооборудования, размещенного на борту, и подъемного двигателя, прикрепленного к планеру посредством двух несущих рычагов, состоящих из углеродных трубок, расположенных параллельно друг другу на верхней стороне крыльев [10]. Внешний вид БПЛА «Skywalker X8 Flying Wing 2120 mm» приведен на рис. 5.



Рис. 5. Внешний вид конвертоплана «Skywalker X8 Flying Wing 2120 mm»

Далее рассмотрим некоторые бортовые комплектующие БПЛА. В БПЛА используется полетный контроллер PIXHAWK 2.1-Cube (частота: 168 МГц; оперативная память 256 кБ). Он состоит из основной платы Pixhawk FMU, которая включает в себя микроконтроллер STM32F427, гироскоп MPU9250, который нужен БПЛА для получения данных о наклоне, ориентации и направлении движения. Также в БПЛА применяется радиотелеметрический модуль CUAVSXRradio. Его выходная мощность составляет 1 мВт – 1 Вт, он оснащен модулем беспроводной передачи данных TXRX частотой 900 МГц при питании по постоянному току 2,8–5,5 В [11].

Заключение

Таким образом, представлена общая классификация типов и характеристик беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Рассмотрены основные типы: роторный, самолетный, аэростатический, конвертоплановый и гибридный. Представлены примеры БПЛА каждого типа с приведением их основных полетных и электрических характеристик из открытых источников. Определены основные РЭС, входящие в состав БПЛА, а также рабочие напряжения некоторых из них. Очевидно, что огромный пласт информации в этой области остается в закрытом доступе, что усложняет получение точных данных и характеристик. Между тем в рамках выполнения работ по проекту РНФ 22-29-01331 авторами рассмотрен расширенный (относительно содержания данной работы) список различных БПЛА и их параметров.

Данные результаты будут использоваться при оценке восприимчивости цепей конкретных выбранных БПЛА в задаче противодействия им средствами функционального поражения электромагнитным излучением. Кроме этого, полученные результаты дают представление о возможных подходах

к обеспечению ЭМС конкретных БПЛА при воздействии мощными СШП-помехами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-01331, <https://rscf.ru/project/22-29-01331/>.

Литература

1. Сташкевич С.П. Использование беспилотных летательных аппаратов в военных и гражданских целях / С.П. Сташкевич, В.А. Кабанов, Т.Д. Хуснутдинов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – Красноярск: Сибирский гос. ун-т науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева, 2019. – С. 171–173.
2. Практические рекомендации. Защита элементов системы связи от беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]: сайт army.ric.mil.ru – URL: <https://army.ric.mil.ru/Stati/item/343042/> (дата обращения: 1.11.2022).
3. Макаренко С.И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам. – СПб.: Научно-технические технологии, 2020. – 204 с.
4. Морозов А.Б. Обзор вариантов построения беспилотных летательных аппаратов // Мавлютовские чтения: матер. XVI Всерос. молодежной науч. конф. – Уфа: Уфим. гос. авиационный техн. ун-т, 2022. – С. 559–566.
5. Белик В.В. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов в аграрном производстве // Молодежь и XXI век – 2021: матер. XI Междунар. молодежной науч. конф. – Курск: Юго-Западный гос. ун-т, 2021. – С. 21–26.
6. Ишков А.С. Анализ и принципы построения системы управления дроном-пожарником / А.С. Ишков, В.С. Маркелов // Вестник Пенз. гос. ун-та. – 2021. – № 4 (36). – С. 96–105.
7. Внутри российского дрона-камикадзе «Герань-1» нашли американские процессоры и печатные платы [Электронный ресурс]: сайт overclockers.ru. – URL: <https://overclockers.ru/blog/TEKHAPb/show/76826/vnutri-rossijskogo-drona-kamikadze-geran-1-nashli-amerikanskie-processory-i-pechatnye-platy> (дата обращения: 1.11.2022).
8. Сергеев А.С. Орнитоптер как перспективное направление развития БПЛА / А.С. Сергеев, А.Ш. Асадуллин, А.А. Трифонов // Студенческий. – 2018. – № 9-2 (29). – С. 6–11.
9. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние [Электронный ресурс]: сайт nemaloknig.net. – URL: <https://nemaloknig.net/read-291787/?page=11> (дата обращения: 28.10.2022).
10. Способ и система автоматического управления дроном [Электронный ресурс]: сайт findpatent.ru. – URL: <https://findpatent.ru/patent/271/2714977.html> (дата обращения: 28.10.2022).
11. Набиев Р.Н. Конструктивное оформление беспилотного летательного аппарата конвертопланового типа / Р.Н. Набиев, А.А. Абдуллаев, Г.И. Гараев // Авиакосмическое приборостроение. – 2022. – № 6. – С. 3–13.

Вавилонский Алексей Вячеславович

Студент каф. телевидения и управления (ТУ) ТУСУРа
Эл. почта: lexa060602@gmail.com

Петухов Дмитрий Константинович

Студент каф. ТУ ТУСУРа
Эл. почта: dimasuper06@bk.ru

Корнев Александр Евгеньевич

Студент каф. ТУ ТУСУРа
Эл. почта: Kornev12333@mail.ru

Юнеман Марк Евгеньевич

Студент каф. ТУ ТУСУРа
Эл. почта: myuneman@bk.ru