
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ

TECHNOLOGICAL BASES OF IMPROVING THE RELIABILITY AND QUALITY OF PRODUCTS

УДК 656.7:654.9

DOI 10.21685/2307-4205-2018-1-6

А. В. Полтавский, Н. К. Юрков, Нгуен Зуи Фьонг

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ СЕТЕВЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ВЫСОТНЫХ ПЛАТФОРМ

A. V. Poltavskiy, N. K. Yurkov, Nguen Zui Fyong

TELECOMMUNICATIONS NETWORK SYSTEMS ON THE BASIS OF HIGH-ALTITUDE PLATFORMS

Аннотация. *Актуальность и цели.* Обоснована актуальность модификации телекоммуникации сетевых систем на основе высотных платформ. Показана возможность использования для этих целей (в качестве альтернативы применения аэростатов) привязных беспилотных летательных аппаратов, к которым по гибкому металлическому кабелю-тросу подается электрическое напряжение с наземного пункта управления. Это позволяет решить ряд многопрофильных задач локального сотового покрытия на обширной территории. *Материалы и методы.* Проведен анализ основных тактико-технических характеристик аэростатов, находящихся свое применение в качестве временных высотных мачт телекоммуникационных сетевых систем. Представлен перечень возможного применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в различных сферах, а также диаграмма «разрешенного» применения БЛА. *Результаты.* Привязные БЛА позволяют ретранслировать сигнал в труднодоступной или слабонаселенной местности, поскольку позволяют без привязки к конкретной местности покрывать радиосигналом труднодоступные районы и тем самым могут найти достаточно широкое применение уже в ближайшее время, что является перспективным направлением развития теле-

Abstract. *Background.* The act of modification of telecommunication of network systems based on high-altitude platforms is substantiated. It is shown that it is possible to use for this purpose (as an alternative to the use of aerostats) tethered unmanned aerial vehicles, to which the flexible metal cable is supplied with electric voltage from the ground control point. This makes it possible to solve a number of multi-field problems of local cellular coverage in a large area. *Materials and methods.* The analysis of the main tactical and technical characteristics of aerostats, which are used as modern high-altitude masts of telecommunication network systems, is carried out. A list of possible applications of unmanned aerial vehicles (UAVS) in various areas, as well as a diagram of the "once-solved" the use of UAVS is presented. *Results.* Cabling in reside-ing BLAH allow to relay a signal to the work-nodostupnyh or slavomacedonia area, as possible without reference to a specific area to cover with the signal trudnostey-regions and thus can find a wide application in the near future, which is a promising direction of development of telecommunication network management and communications. *Conclusions.* The concept of creating a new generation of high-altitude tethered telecommunication boards and tethered multi-purpose UAVS is substantiated. A number of examples of its practical im-

коммуникационной сети управления и связи. *Выводы.* Обоснована концепция создания нового поколения высотных привязных телекоммуникационных платформ и привязных многоцелевых БЛА. Приведен ряд примеров ее практической реализации на основе беспилотных аппаратов вертолетного или аэростатического типа, когда не требуется большой радиус действия дрона, но необходимо его длительное зависание на определенной высоте для выполнения многоцелевых задач видеосъемки, длительного наблюдения, ретрансляции радиосигналов и др. Предложено в качестве телекоммуникационных каналов приема/передачи информации использовать радио- или оптическую связь.

Ключевые слова: комплекс с БЛА, состав, структура, система.

plementation on the basis of UAVs helicopter or aerostatic type, when it does not require a large range of drone, but it is necessary to long hovering at a certain height to perform multi – purpose tasks video, long-term surveillance, relay radio signals, etc. it is Proposed to use radio or optical communication as telecommunication channels for receiving/transmitting information.

Key words: UAV complex, composition, weaponry.

Введение

Развитие робототехнических систем и комплексов в современных условиях, на наш взгляд, может привести к качественному «скачку» в технике, экономике, медицине, спорте, сельском хозяйстве, силовых ведомствах и т.д. [1–11]. Основная доля среди множества проектов и разработок в современной робототехнике приходится на сложные технические системы (СТС) – комплексы беспилотных летательных аппаратов (КБЛА), в структуре которых основным звеном является непосредственно сам БЛА [8, 9] для решения многопрофильных задач. Беспилотный летательный аппарат – это летательный аппарат многоразового или условно многоразового использования, не имеющий на борту экипажа, способный самостоятельно и целенаправленно перемещаться в воздухе для выполнения различных функций в автономном режиме (с помощью управляющей программы), а также посредством дистанционного управления (осуществляемого человеком- оператором со стационарного или мобильного пульта управления). Следует заметить, что к БЛА не относятся ракеты, снаряды, бомбы, аэростаты без двигателей и другие безмоторные летательные аппараты (ЛА): планеры, дельтапланы и парaplаны, а вот беспилотные дирижабли, а также моторные дельтапланы и парaplаны согласно вышеприведенному определению, вполне относятся к БЛА. В задачи многоцелевых БЛА, в первую очередь, входят задачи разведки, связанные с поиском, обнаружением и идентификацией объектов в режиме реального времени, включая определение их точных координат и передачу данных (информации) на наземный пункт управления (НПУ).

Как отмечено, с помощью БЛА можно осуществлять поиск различных объектов и проводить анализ полученных фотоснимков или видеозаписи, для этих целей он должен быть снабжен самыми разными сенсорами – от мультиспектральных камер до датчиков радиации, магнитного поля, тепловизоров, металлодетекторов и т.д. Например, многие подразделения МЧС [11] уже используют БЛА для профилактики чрезвычайных ситуаций, мониторинга чрезвычайных ситуаций, поиска людей после стихийных бедствий или пропавших людей, экстренной доставки необходимого туда груза, где это требуется в чрезвычайной ситуации, их также задействуют для выявления акул и охраны пляжей, борьбы с браконьерами, контроля миграционных путей животных, изучение таяния полярных льдов, мониторинг лесов, мониторинг побережья и акваторий, мониторинг почвы и посевов, определения влияния различных загрязнителей на экологическую ситуацию и т.д. Следующим примером будет – использование БЛА в спорте. Видеокамера, находящаяся непосредственно на платформе БЛА, позволяет выбирать ракурсы и создавать кадры спортивных соревнований. Стало возможным использование БЛА для освещения крупных соревнований (с прямой трансляцией видео на большой экран или по ТВ), а также и спортсменами во время проведения ими тренировок.

Находят БЛА свое применение при подготовке проекта в строительстве [12] – планирование работ, контроль за ходом их выполнения, а также мониторинг соблюдения требований проектировщиков по технике безопасности, подготовки документальных видео и фотоотчетов для клиентов, инвесторов и акционеров. Ведутся новые разработки по автоматизации таких работ, например [12–15], совместная разработка Autodesk, 3D Robotics, Kimley-Horn в США – платформа Solo и про-

дукт Site Scan. Информационная система с использованием БЛА и специального программного обеспечения (ПО) может автономно обследовать местность и формировать 2D- и 3D-карты в модели местности. Многофункциональные комплексы с БЛА в системах управления и связи используются для ретрансляции сигналов; в исследованиях картины распространения радиосигналов; обследование вышек для сотовой связи [4–5]; применяются БЛА как «сетевые узлы» подключения к Интернету (IoD, Internet of Drones). Сами такие сети сотовой связи могут использоваться как дополнительный канал связи с БЛА, наряду с обычными сетями P2P, например, в автоматизированных системах управления воздушным движением и т.п.

Отдельным направлением применения многоцелевых КБЛА можно выделить множество вариантов их применения полицией: профилактические мероприятия с видеонаблюдением, контроль за массовыми мероприятиями, обеспечение различных встреч VIP персон, включая и встречи на высшем уровне, предотвращение террористических актов, контроль акций протеста, операции по борьбе с организованной преступностью и контрабандой наркотиков, операции по поимке опасных преступников, розыск пропавших людей и изучение места преступления, поддержка оперативной связи, предотвращение нелегальной иммиграции, наблюдение за наземными и морскими линиями регулярных сообщений, наблюдение за транспортными потоками, анализ причин ДТП, отслеживание угнанных автомобилей, борьба с морскими пиратами, контроль незаконной разработки недр и др. Перечень возможного применения БЛА в различных сферах достаточно обширный, по данным аналитиков компании BI Intelligence, диаграмма «разрешенного» применения БЛА в различных сферах показана на рис. 1 (примеры использования БЛА в США по состоянию [12] на 2016 г.).

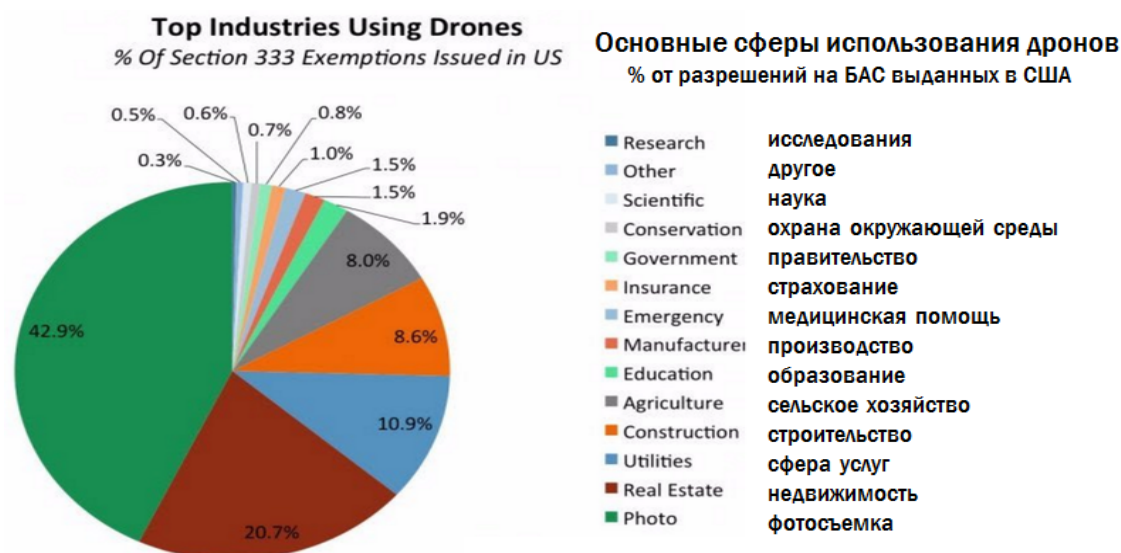


Рис. 1. Процентное соотношение применения БЛА в различных сферах (США)

По состоянию на 12.02.2017 в мире уже производят и находят свое широкое применение более 850 различных видов и типов БЛА. Информация разработок объемная, для ее подробного анализа требуются время и целые коллективы специалистов [8]. Среди этих разработок следует отметить одну из новинок БЛА израильской компании Israel Aerospace Industries (IAI), впервые привезенной [15] на авиасалон МАКС-2011 – привязной БЛА ЕТОР. Это многоцелевой БЛА – привязной мультикоптер (квадрокоптер), летательный аппарат вертолетного типа, созданный по многовинтовой схеме (к мультикоптерам относятся ЛА, имеющие более трех несущих или толкающих винтов – трехроторные мультикоптеры называют трикоптерами, четырехроторные – квадрокоптерами, шестироторные – гексакоптерами, а восьмироторные – октокоптерами). Сам мультикоптер ЕТОР в отличие от большинства других представленных мультикоптеров не относится к классу общепринятых малогабаритных БЛА. Это достаточно крупный привязной беспилотный летательный аппарат размером 160×160 см. По гибкому кабелю на его борт передается электроэнергия, что делает продолжительность его полета практически не ограниченной, а сам БЛА способен поднять до 20 кг полезной нагрузки на заданную высоту, которая составляет 100 м. В штатном своем варианте он комплектуется оптикоэлектронными системами наблюдения mini-POP и micro-POP. Области применения

данной беспилотной авиационной системы (БАС) могут стать военные, гражданские и ведомственные задачи, такие как, например, охрана государственной границы или периметров охраняемых объектов. Сухопутный вариант использования привязного БЛА подразумевает его размещение на базе автомобиля повышенной проходимости. Кроме того, данный комплекс может размещаться на кораблях. Фактически система ЕТОР аналогична аэростатным комплексам. Однако у него ряд преимуществ перед многими аэростатами и дирижаблями, одним из которых является время разворачивания (мобильность). В сводной табл. 1 представлены основные тактико-технические характеристики (ТТХ) аэростатов известной фирмы TCOM L.P. [12].

Таблица 1

Основные ТТХ некоторых аэростатов фирмы TCOM L.P.

Тактико-технические характеристики аэростатов						
Параметр / тип модели	15M	17M	32M	38M	71M	74M
Масса конструкции, кг	144	–	658	–	4090	3200
Масса полезной нагрузки, кг	70	90	275	225	1600	
Максимальная высота подъема, м	300	300	900	2500	4600	
Продолжительность полета, сут	5	7	14	14	30	Более 30
Допустимая эксплуатационная скорость ветра, км/ч	74	74	93	93	130	110
Максимально допустимая скорость ветра, км/ч	102	102	130	130	170	160
Длина, м	15	17	32	38	71	74
Диаметр, м	6,2	–	10	–	22	
Объем, м ³	321		1700		16700	19000
Длина кабель-троса, м	460		1400		6250	
Потребляемое электропитание, кВА	1	1	5,5	5,5	22	70
Время разв., ч	2	2	8	8	14 сут	72

Развитие телекоммуникационной сети управления и связи с помощью БЛА

Как выше было отмечено, особое место использования БЛА отводится их применению для обеспечения различных видов разведки и сетевому управлению объектами в структурах глобальной информационной системы телекоммуникации и связи [1–7]. Например, по данным мониторинга Международного союза электросвязи (ITU) следует, что к 2015 г. около 57 % людей в мире не имели доступа к сети Интернет, таким образом, почти две трети населения планеты пока не подключены к глобальной информационной сети. Возможно, они также не будут подключены в ближайшее время, так как современное проектирование СТС и строительство объектов наземной телекоммуникационной инфраструктуры обходится компаниям достаточно дорого [14]. Установка принятой ранее (или традиционной) наземной сетевой инфраструктуры, включающая в себя права на участок земли, оборудование, оптоволоконные кабели и доступ к источникам питания, могут уже стать нерентабельными [12–14]. В некоторых регионах намного меньше возможных потенциальных клиентов, а чтобы им «подключиться» к сети, потребуется создание довольно сложной инфраструктуры, даже несмотря на покрытие почти около 90 % населения Земли сетями 2G, увеличение этого показателя до 100 % при использовании традиционных подходов нам кажутся маловероятным, т.е. вкладываемые инвестиции операторов в разработку традиционной инфраструктуры вряд ли потом смогут окупиться. По оценкам Json & Partners Consulting [14], покрытие всей территории России сотовыми сетями уже составляет около 10 %, а по данным из Минкомсвязи, покрыты почти все населенные пункты, но 1343 городских поселения с численностью жителей от 10 до 500 тыс. еще остаются без доступа к Интернету и мобильной связи. Примерно 38 %, или 6725 населенных пункта, составляют города и села, где имеется голосовая сотовая связь, но отсутствуют как проводной, так и беспроводной доступ в сети Интернет. Поэтому сейчас для получения услуг связи за пределами зон покрытия сотовых сетей, особенно в труднодоступных районах, как правило, используется спутниковая связь. Тарифы же на спутниковую связь и передачу информации намного выше для тарифов сотовых операторов, так как проектирование спутников, их запуск и обслуживание требуют огромных вложений и инвестиций. Для поиска решений этих потребностей во временном расширении сети операторы связи используют мобильные средства [15] – передвижные базовые станции (ПБС)

на колесах (COW, cow on wheels), а также мобильные базовые станции (МБС). Особенность станций ПБС заключается в их большой стоимости (только их возможная аренда может составить до 170 тыс. руб./сут).

Стремительное развитие рынка потребительских подключенных устройств в последние годы стимулировало разработку новых миниатюрных передатчиков, антенн и стандартов связи, которые позволяют решить «старые» задачи по-новому. Теперь потребность в постоянном или временном расширении зоны покрытия сети связи можно реализовать уже не только за счет спутников или передвижных станций, но и за счет более доступных «коммуникационных» решений, например, с помощью различных платформ БЛА (дронов). Такие БЛА могут стать отдельной частью (или ячейкой) телекоммуникационной инфраструктуры операторов связи, выполняя функцию ретрансляции множества телекоммуникационных сигналов. По оценкам специалистов PwC, объем мирового рынка для внедрения подобных решений с использованием БЛА в телекоммуникационной индустрии составляет (данные на 2016 г.) до 6,3 млрд долл. США. Операторы связи не используют пока привязные БЛА полностью для ретрансляции телекоммуникационных сигналов (как радио, телевидение, Интернет) на постоянной основе, но они уже проводят пилотные проекты для оказания таких услуг, а такие крупные корпорации, как Google и Facebook, покупают специализированные компании и стартапы, разрабатывающие передовые информационные технологии в этом направлении, на их базе планируют запускать новые телеком-услуги для широких слоев населения и госучреждений. По оценкам из J'son & Partners, уже к 2020 г. операторы сотовой связи будут использовать до 3739 мобильных базовых станций, что на 1527 единиц, или на 69 %, станций больше, чем это было в 2016 г. Учитывая прирост для интернет-трафика [12] в сетях сотовых операторов на уровне 40 % за 2016 г. и его прогнозируемое увеличение более, чем в два раза к 2020 г., операторам потребуется увеличение пропускной способности сети и числа объектов ПБС/МБС. Большую часть из вновь закупаемого оборудования МБС будут составлять современные и компактные станции из стандартов LTE/5G, в том числе миниатюрные станции МБС, их также можно прикреплять непосредственно на привязном БЛА.

Из проведенного исследования и анализа тенденций в этой области следует выделить следующие направления развития телекоммуникационных сетей для сотовых операторов с использованием БЛА: *использование привязанных БЛА*; использование БЛА для ретрансляции услуг на обширных территориях, не покрытых сетями сотовой связи; развертывание услуг связи на базе группировок из атмосферных БЛА-спутников. Они далее могут позволить обеспечивать сотовую связь и доступ к глобальной сети Интернет в труднодоступных местах и районах, где сам доступ к глобальной и сотовой сети ограничен из-за сигнала низкого качества. Например, совсем недавно в США известный оператор [15] AT&T уже испытал (в июле 2016 г.) мультироторный БЛА, который сами разработчики окрестили еще летающей «коровой», от английского COW – cell on wings, на его борту есть антенны и радиоголовка трансивера сотовой связи. Задача этого мультироторного привязного БЛА – обеспечивать сотовое покрытие в зоне его развертывания. По функциональным возможностям, такой привязной БЛА мало чем отличается от обычной сотовой вышки, а преимущество этой системы управления и связи – мобильность. Испытания прошли в Атланте (в США). Этот привязной БЛА будет способен обеспечивать мобильное покрытие на площади свыше 100 км², сам же аппарат может находиться в воздухе в течение длительного времени – питание для БЛА и бортового радиооборудования подается по проводам от наземной автостанции (электростанции). Но, по нашему мнению, на борту данного БЛА может также находиться небольшой резервный аккумулятор обеспечения задачи управления безопасностью полета – обеспечить устойчивую к возмущениям посадку БЛА в случае непреднамеренного сбоя питания. Такая идея не новая, но она приближенная к возможности повседневного ее практического использования. Ранее подобные БЛА использовались только для ретрансляции сигнала, который непосредственно формировала наземная базовая станция. Подобную систему для общественной безопасности показывали [12], например в Корее в 2016 г., а в США эксперименты с привязным БЛА – системой PARC. Инженеры Qualcomm провели более 1000 полетных тестов, чтобы проверить, что БЛА можно управлять с помощью сети 4G/LTE. Испытания проводились специалистами компании UAS Flight Center в Сан-Диего. По результатам исследования в Qualcomm [12], разработчики этой системы считают необходимым модифицировать сеть 4G/LTE в целях улучшения работы с беспилотными объектами. В частности, были предприняты меры по снижению интерференции, оптимизации управления мощностью, оптимизации выбора сотовых башен. Отметим, что эти тесты показали, как БЛА можно управлять через сеть [12], а это сни-

мает ряд ограничений на дальность управления. Тем самым был осуществлен еще один шаг к управлению БЛА на большей дистанции. Испытания проводились на уровне земли, а также на высотах в 30, 60, 90 и 120 м. Проверялись диапазоны частот PCS, AWS и 700 МГц. Взлет и посадки выполнялись с обычной вертолетной площадки (с крыши здания Qualcomm). Qualcomm проводит исследование в интересах 3GPP, посвященное улучшению поддержки БЛА сетями LTE. Подобные работы проводят не только ведущие компании из США, Израиля, но и ряда других государств. Например, известная всем южнокорейская KT Corp. показала свое решение, предназначенное для обеспечения управления и связи в интересах пожарных, полиции и спасателей в условиях чрезвычайного положения – базовая станция с функционалом ядра (как сетевой сервер), вмещающаяся в небольшой ранец и БЛА – Drone LTE, оснащенный ретранслятором сигналов LTE, а также видео и термокамерами ведения поисково-спасательных операций. Сущность этого проекта состоит в том, чтобы в случае возникновения чрезвычайной ситуации, когда обычная сотовая связь может перестать работать, оператор связи может оперативно разворачивать в зоне происходящих событий специальную сеть LTE, которая обеспечит работу смартфонов и планшетов для сотрудников пожарной охраны, полиции и спасателей. Приблизительная оценка стоимости такого проекта – \$1,74 млрд. В данном проекте также принимает участие и известный всем оператор – SK Telecom, а необходимое абонентское оборудование для реализации этого проекта поставят известные компании Samsung и Pantech.

Надо отметить, что поисковые научные исследования в этой области ведутся и в России [1–8]. Примером тому является то, что совсем недавно в Институте проблем управления имени В. А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН) под руководством профессора В. М. Вишневого впервые была поднята в воздух (в начале апреля 2017 г.) привязная высотная телекоммуникационная платформа (ВТП) с длительной продолжительностью полета. В основе этой разработки лежит технология передачи с наземного пункта на борт беспилотного летательного аппарата энергии большой мощности по медным жилам малого сечения, а в качестве летающей платформы был использован мультикоптер, длительность полета которого зависит от подачи электричества с земли по проводам и износа деталей. Отметим, что мультикоптеры – гексакоптеры и октокоптеры, имеющие соответственно по шесть и восемь роторов, обладают гораздо большей грузоподъемностью по сравнению с квадрокоптерами. Они способны сохранять устойчивый полет при выходе из строя одного из роторов, а также эти БЛА отличаются меньшим уровнем вибраций, что особенно важно для проведения видеосъемки. В состав этого комплекса входят наземный пункт преобразования энергии, кабель на кевларовой основе с тремя медными жилами малого сечения для передачи на борт дрона электроэнергии для питания электродвигателей и аппаратуры полезной нагрузки, кабель на основе оптоволокна для высокоскоростной передачи информации, а также и сам беспилотный аппарат, оснащенный бортовой системой управления и стабилизации полета с навигационной системой на основе датчиков GPS/ГЛОНАСС. Мощность электроэнергии, передаваемой с земли на борт, может составлять до 20 кВт [1, 2]. Такой БЛА-дрон может поднимать полезную нагрузку массой до 30 кг на высоту до 300 м. Наземный компонент системы в мобильном исполнении может включать подвижную электростанцию мощностью в 100 кВт с жилым модулем на базе шасси автомобиля типа КамАЗ 43114, а в полевых условиях — дизельную электростанцию мощностью до 30 кВт. Время развертывания данного комплекса составит не более 10 мин. Система обеспечивает возможность ее эксплуатации при температурах от –50 до + 50 °С, а сам беспилотный летательный аппарат может выполнять полет при ветре до 15 м/с. Созданная привязная ВТП построена на принципах открытой архитектуры, в гражданском секторе экономики и силовых ведомствах данная беспилотная авиационная система может использоваться для управления и связи подразделений, контроля проводимых операций полицией, обеспечения безопасности движения транспорта, охраны важных объектов и др. Радиус зоны покрытия ВТП составляет порядка 50 км, поэтому число абонентов, которые могут подключиться к ее базовой станции (БС), достаточно велико. Расположение БС непосредственно на борту ВТП и большое число обслуживаемых абонентов выдвигают ряд основных требований, которым должна удовлетворять БС [1, 2]:

- малые габариты и масса БС;
- максимально возможная скорость передачи данных в обоих направлениях;
- максимальная распространенность используемой абонентской аппаратуры;
- минимальная стоимость абонентской аппаратуры;

– минимальная стоимость аппаратуры БС.

Аппаратурой, которая может удовлетворять приведенным выше требованиям на сегодняшний день в России [6], является оборудование Wi-Fi. Данное оборудование имеет небольшую массу (0,5–1,5 кг) и малую стоимость [8]. Для антенных систем БС может быть применима антенная решетка, имеющая большой коэффициент усиления и управляемую диаграмму направленности (ДН). В качестве гибкого кабеля-троса может быть использован молниезащитный трос из синтетических материалов марки кевлар или вектрам с внутренней электропроводкой для электрического питания и волоконно-оптической линии связи (для приема/передачи информации). Сегодня уже применяются такие кабель-тросы в области разработок различных БЛА с прочностью на разрыв от 5 до 30 т для потребителей электроэнергии 3,5–31,5 кВт [12]. Эффективность применения ВТП в различных оборонных и гражданских, их экономичность по сравнению со спутниковыми системами предопределили огромное внимание к ним многих стран мира. Сегодня выделяют два класса основных ВТП – пилотируемые (аэростаты, дирижабли, пилотируемые ЛА, космические спутниковые системы) и привязные платформы (платформы ВТП на высотных привязных аэростатах и других ЛА), непосредственно связанных механически с землей (или соединенных с наземным модулем привязным кабелем-тросом). В табл. 2 представлены основные ТТХ привязных ВТП.

Таблица 2

Основные ТТХ привязных высотных телекоммуникационных платформ

Тип привязного БЛА (страна-разработчик)	Аэр. сх./ масса	Высота и масса полезной нагрузки, Н / кг	Устойчивость БЛА к ветру Постоянно / и порывы, м/с	Время работы–нахождения в воздухе, ч	Задачи БЛА
	Эл. питание				
Z-18UF Франция	Гексокоптер	40	–	В.непрерывно	Видеонаблюдения в теч. 24 часов в сутки
PARC США	Гексокоптер 85-265B	152 / 2,7	12,8 / 18	В.непрерывно	Передача данных: Ethernet (10 Mbit/c)
ACSL Япония	–	/ 30	–	–	Видеонаблюдение
Tether Eye США	–	45 /	–	–	Передача видеоданных
Hover Mast Израиль	Квадрокоптер/ 10	50 / 6	до 25 узлов	В.непрерывно	Разведка видео, ИК, РЛ, мониторинг, целеуказание, ПП
Птеродактиль МАИ, Россия	Конвертоплан уст. на танк «Армата»	20 /	до 10 м/с	–	Видео, ИК разведка
ВТП ИПУ РАН, Россия	Октокоптер 20 кВт	300 / 30	до 15 м/с	В.непрерывно	Телекоммуникация и связь, видео и ИК-наблюдение, целеуказание, ПП

Перспективы привязных платформ БЛА

Эффективность применения ВТП в различных гражданских областях и силовых ведомствах, их мобильность, компактность и экономичность по сравнению с очень дорогими спутниковыми системами, как отмечено выше, предопределили огромное внимание специалистов ВТП разных профессий во многих развитых странах мира [1–8].

По оценкам экспертов аналитического агентства PWC, через несколько десятков лет рынок из одних только БЛА, например только в сельском хозяйстве (не включая самолетные схемы), может составить до \$32,4 млрд, а среди ведущих стран, в которых происходит их активное использование, можно выделить США, Израиль, Китай, Японию, Бразилию, страны ЕС и др. Ведя наблюдения над полями, БЛА с помощью видеокамеры и датчиков позволяют фермерам в режиме реального времени видеть, как происходит процесс созревания различных сельскохозяйственных культур, изменяется цвет почвы, современные видеокамеры позволяют создавать электронные карты полей в формате

3D, а также рассчитывать показатель Normalized Difference Vegetation Index (нормализованный вегетационный индекс) с целью управления эффективностью удобрения культур [12], инвентаризировать проводимые отраслью работы и обеспечивать охрану обширных сельхозугодий. Область наибольшего применения привязных платформ БЛА значительно будет расширена в сфере оказания услуг телекоммуникации и связи. Как показывают многие исследования, возможности для внедрения таких систем этого имеются. Например, для ВТП, работающей на высоте 300 м, дальность составит до 70 км. Сфера привязных платформ ВТП может быть расширена за счет установки на ее борту датчиков и аппаратуры многодиапазонного (видео, инфракрасного-ИК и радиолокационного-РЛ) наблюдения, оборудования для управления робототехническими системами и комплексами, обеспечении подразделений МЧС и полиции локальной связью и др. Для решения задач длительного наблюдения, целеуказания за различными объектами-целями может быть установлена отечественная разработка – радиолокационная станция (РЛС) «ФАРА», которая уже успешно применяется в силовых ведомствах. Данная всепогодная и круглосуточная РЛС работает на длине волны 2 см, она обеспечивает обнаружение человека на дальности 3 км, танка (или автомобиля) на дальности до 6 км, имеет хорошие показатели разрешающей способности и надежности (до 5000 ч наработки на отказ), приемлемый вес (весь комплект весит 21,5 кг) и широкий диапазон рабочих температур: для РЛС – от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$ [16]. Поднятие только антенного блока РЛС на высоту в 300 м позволит увеличить дальность ее действия примерно в 2–2,5 раза. Наряду с привязными ВТП, установленных «на мультикоптерах», они применимы могут быть и на аэростатах, летающих на высоте 3000–5000 м, которые могут находиться в воздухе до 30 сут. Например, одним из прототипов такого авиационного комплекса является израильский разведывательный аэростат SkyStar 180. Данный аппарат готовится к работе и запуску с небольшого прицепа в течение 15 мин экипажем из двух человек, может поднимать груз до 6,5 кг на высоту 300 м и находиться на этой высоте до трех дней. Следует отметить, что привязные аэростаты находили применение ВКС России, например, в Сирии они осуществляли охрану базы Хмеймим. Данные с аэростата оперативно поступали в информационный Центр национальной обороны (ЦНО). Их эксплуатация показала, что они экономичнее в сравнении с аналогичными комплексами в 6–7 раз, расположенными на пилотируемых самолетах [15].

Среди разработчиков и игроков на мировом рынке БЛА, которые в большинстве своем все же ориентируются на народное хозяйство, можно выделить такие компании, как AeroVironment Inc, AgEagle, DJI, Yamaha [12] и др. Развиваются БЛА, как выше отмечено, и в нашей стране, несмотря на временное отставание в области их нормативно-правового регулирования, а среди активных участников (наряду с ИПУ РАН, МАИ, МИФИ и др.) этого рынка можно выделить – «Беспилотные технологии» (компания из Новосибирска), «Геоскан» (из Санкт-Петербурга), а также «Автономные аэрокосмические системы – «ГеоСервис» (из Красноярска) и ZALA AERO (Ижевск). Спектр оказываемых услуг, предоставляемых компаниями для внедрения многоцелевых БЛА в различные сферы народного хозяйства и силовых ведомств, достаточно обширный [1–16].

Заключение

Концепция нового поколения высотных привязных телекоммуникационных платформ и привязных многоцелевых БЛА стремительно движется вперед. Существует ряд примеров ее практической реализации [1–16]. Применима она к беспилотным аппаратам вертолетного или аэростатического типа, когда не требуется большой радиус действия дрона, но необходимо его длительное зависание на определенной высоте для выполнения многоцелевых задач видеосъемки, длительного наблюдения, ретрансляции радиосигналов и др. Хорошим примером в этой концепции является беспилотная авиационная система HoverMast израильской фирмы Sky Sapienсe и система, предложенная в ИПУ РАН профессором В. М. Вишневым. И та, и другая системы построены на принципах открытой архитектуры и модульности [1–8], основу той и другой составляют ВТП и БЛА-мультикоптер, который может компактно укладываться внутри специального бокса, может размещаться на крыше здания, автомобиле, корабле, подводной лодке и т.д. Перспективы этой концепции вполне очевидные – обеспечение информацией широких слоев населения, задачи управления народным хозяйством и оборонном ведомстве. Концепции присущи черты глобальной интеграции в мировые информационные системы – глобальные сети Интернет и системы Глонавс/GPS.

Библиографический список

1. Вишневский, В. Принципы построения и реализация привязных высотных телекоммуникационных платформ с использованием малогабаритных винтокрылых летательных аппаратов / В. Вишневский, Б. Терещенко // Distributed Computer and Communication Networks. Theory and Applications (DCCN-2009). – 2009. – С. 102–116.
2. Вишневский, В. М. Исследование гибридной связи с использованием атмосферного оптического канала и радиоканала миллиметрового диапазона радиоволн / В. М. Вишневский, О. В. Семенова, С. Ю. Шаров // Distributed Computer and Communication Networks. Theory and Applications (DCCN-2011). – 2011. – С. 1–11.
3. Вишневский, В. М. Автоматизированная система контроля нарушений правил дорожного движения с использованием RFID-технологий и новейших беспроводных средств / В. М. Вишневский, Р. Н. Минниханов // Проблемы информатики. – 2012. – № 1. – С. 52–65.
4. Вишневский, В. М. Анализ и исследование методов проектирования автоматизированных систем безопасности на автодорогах / В. М. Вишневский, А. А. Ларионов, Ю. В. Целикин // Телекоммуникации и транспорт. – 2012. – № 7. – С. 48–54.
5. Vishnevsky, V. M. Performance analysis of the BMAP/G/1queue with gated service and adaptive vacations / V. M. Vishnevsky // Performance Evaluations. – 2011. – Vol. 68, iss. 5. – С. 446–462.
6. Патент на полезную модель № 70067 Высотная винтокрылая платформа для беспроводных сетей передачи информации / Вишневский В. М., Терещенко Б. Н., Шабаев В. И. ; зарегистрировано в ГР полезных моделей РФ 10.01.08.
7. Патент на изобретение № 2319319 Способ формирования беспроводных сетей передачи информации и высотная винтокрылая платформа для его реализации / Вишневский В. М., Терещенко Б. Н., Шабаев В. И. ; зарегистрировано в ГР изобретений РФ 10.03.2008 г.
8. Полтавский, А. В. Управление безопасностью движения беспилотного ЛА / А. В. Полтавский // Датчики и системы. – 2008. – № 9. – С. 4–8.
9. Полтавский, А. В. Модель измерительной системы в управлении БЛА / А. В. Полтавский // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2009. – № 10. – С. 73–77.
10. Decision making concept to create complex technical systems / А. В. Полтавский, А. С. Жумабаева, А. В. Пивкин, А. М. Телегин, К. А. Айжариков // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 2 (14). – С. 74–84. DOI: 10.21685/2307-4205-2016-2-10.
11. Полтавский, А. В. Процесс обработки когерентных сигналов в приемниках глобальной спутниковой системы ГЛОНАСС / А. В. Полтавский, Е. В. Агулов // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты МЧС. – 2012. – № 3. – С. 16–21.
12. Полтавский, А. В. Когерентный контроль координат основных модулей нежесткой фазированной антенной решетки беспилотного летательного аппарата / А. В. Полтавский, В. М. Бородуля, В. В. Маклаков, Н. К. Юрков // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2013. – Т. 2. – С. 100–103.
13. Жумабаева, А. С. К проблеме модельного синтеза комплексов беспилотных летательных аппаратов / А. С. Жумабаева, А. В. Полтавский, Н. К. Юрков // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2017. – № 1 (19). – С. 70–77.
14. Полтавский, А. В. Алгоритм определения индикатрисы излучения подвижного объекта на примерах робототехнического комплекса беспилотных летательных аппаратов / А. В. Полтавский, А. С. Жумабаева, Н. К. Юрков // Надежность и качество сложных систем. – 2015. – № 3 (11). – С. 23–30.
15. Андреев, П. Г. Проблема обеспечения электромагнитной совместимости электронных средств / П. Г. Андреев, А. С. Жумабаева, Н. К. Юрков // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2015. – Т. 1. – С. 200–202.

Полтавский Александр Васильевич

доктор технических наук, профессор,
кафедра информатизации образования,
Институт математики, информатики
и естественных наук,
Московский государственный
педагогический университет;
ведущий научный сотрудник,
Институт проблем управления
им. В. А. Трапезникова Российской академии наук
(117997, Россия, г. Москва ул. Профсоюзная, 65)
E-mail: avp57avp@yandex.ru

Poltavskiy Aleksandr Vasil'evich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of informatization of education,
Institute of Mathematics, Informatics
and Natural Sciences,
Moscow State Pedagogical University;
leading researcher,
Institute of management named after V. A. Trapeznikov
of Russian Academy of Sciences
(117997, 65 Profsoyuznaya street, Moscow, Russia)

Юрков Николай Кондратьевич

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой конструирования
и производства радиоаппаратуры,
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: yurkov_NK@mail.ru

Нгуен Зуи Фыонг

аспирант,
Московский физико-технический институт
(государственный университет)
(141701, Россия, Московская область,
г. Долгопрудный, Институтский пер., 9)
Email: nfo@mipt.ru

Yurkov Nikolay Kondrat'evich

doctor of technical sciences, professor,
head of sub-department of radio equipment design
and production,
Penza State University
(440026, 40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Nguen Sui Fiung

postgraduate student,
Moscow Institute of Physics and Technology
(State University)
(141701, 9 Institutski lane, Dolgoprudny,
Moscow area, Russia)

УДК 656.7:654.9

Полтавский, А. В.

Телекоммуникация сетевых систем на основе высотных платформ / А. В. Полтавский,
Н. К. Юрков, Нгуен Зуи Фыонг // Надежность и качество сложных систем. – 2018. – № 1 (21). – С. 46–55.
DOI 10.21685/2307-4205-2018-1-6.