

УДК 629.7.05: 004.94

DOI: 10.26467/2079-0619-2021-24-2-58-69

## ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ СИСТЕМ СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ НА ПЛАТФОРМАХ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

А.В. ПОЛТАВСКИЙ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,  
г. Москва, Россия*

В обзорной статье рассматриваются вопросы возможности применения привязных высотных телекоммуникационных платформ (ВТП) на основе беспилотных летательных аппаратов (как привязных БЛА), которые также еще получили название «привязанных дронов» Flying COWs (Cell on Wings). Сущность их заключается в том, что по гибкому металлическому кабелю-тросу подается достаточно высокое электрическое напряжение с наземного мобильного пункта управления в целях решения многопрофильных задач ВТП локального сотового покрытия на обширной территории. Данные беспилотные авиационные системы с ВТП и привязными БЛА, которые ретранслируют сигналы в привязке к конкретной местности в составе объектов современных геоинформационных систем, покрывающих радиосигналом отдельно взятые регионы, области и труднодоступные районы, могут найти достаточно широкое применение уже в ближайшее время, а в качестве сети телекоммуникационных каналов приема/передачи информации могут использоваться радио- или оптическая связь ВТП.

**Ключевые слова:** сложные технические системы, высотные телекоммуникационные платформы, современные геоинформационные системы, беспилотное воздушное судно, беспилотные летательные аппараты, объект, состав, структура, система.

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие возможностей робототехнических систем и комплексов в современных условиях может привести к качественному скачку в эволюции техники, экономики, медицины, спорта, сельского хозяйства, силовых ведомств и т. д. [1–11]. Основная доля среди множества проектов и разработок в современной робототехнике приходится на сложные технические системы (СТС) – беспилотные воздушные суда (комплексы беспилотных летательных аппаратов (КБЛА), в структуре которых основным звеном является непосредственно беспилотное воздушное судно – сам этот БЛА [8, 9] для решения многопрофильных задач в различных областях народного хозяйства и силовых ведомствах. Термин БЛА трактуют по-разному. Например, 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). Есть другие определения и термины, так, например, в действующем документе «Воздушный кодекс Российской Федерации» от 19.03.1997 № 60-ФЗ (ред. от 08.06.2020 с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2021) беспилотное воздушное судно (БВС) – воздушное судно, управляемое, контролируемое в полете пилотом, находящимся вне борта такого воздушного судна (внешний пилот). Беспилотная авиационная система – комплекс взаимосвязанных элементов, включающий в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов, средства обеспечения взлета и посадки, средства управления полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов и контроля за полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов (введено ФЗ от 30.12.2015 № 462-ФЗ; в ред. ФЗ от 03.07.2016 № 291-ФЗ). Следует заметить, что к БЛА (или БВС) многие специалисты не относят авиационные ракеты, снаряды, бомбы, аэростаты *без двигателей* и другие *безмоторные* типы летательных аппаратов (ЛА): планеры, дельтапланы,

парапланы, а вот БВС – беспилотные дирижабли, «моторные» дельтапланы и парапланы – могут относиться. Как правило, в задачи многофункциональных БЛА в первую очередь входят задачи по разведке и ее видам, связанные непосредственно с поиском, обнаружением, селекцией и идентификацией объектов в режиме реального времени, включая определение их точных координат и передачу данных (информации) на мобильный наземный пункт управления (НПУ) в составе геоинформационных систем (ГИС).

С помощью современных платформ БВС можно осуществлять поиск различных объектов и проводить анализ полученных фотоснимков или видеозаписи, для этих целей аппарат должен быть снабжен самыми разными сенсорами – от мультиспектральных камер до датчиков радиации, магнитного поля, ИК-тепловизоров, металлодетекторов и т. д. Например, многие подразделения МВД и МЧС [11] уже используют БЛА для профилактики чрезвычайных ситуаций и анализа несанкционированного проведения митингов, мониторинга чрезвычайных ситуаций в составе ГИС для районов, областей, поиска группы людей после стихийных бедствий или пропавших без вести людей, применяются в решении по экстренной доставке груза, где это необходимо, их часто задействуют для выявления акул и охраны пляжей, а также для борьбы с браконьерами, контроля миграционных путей животных, изучения таяния полярных льдов, пожара в лесах, мониторинга побережья, акваторий, почвы и посевов в сельском хозяйстве, определения влияния загрязнителей на экологическую ситуацию и т. д. Примером будет также использование платформ БЛА в спорте. Видеокамера, находящаяся непосредственно на платформе БЛА, позволяет выбирать необходимые ракурсы и создавать кадры (фото и видео) спортивных соревнований с прямой трансляцией на большой экран или по ТВ, со спортсменами во время проведения ими тренировок.

Применяют платформы БЛА и при подготовке проекта в строительстве [12] – планирование работ, контроль (видео и фото) за ходом их выполнения, соблюдение необходимых требований проектировщиков по технике безопасности, подготовка различных документальных видео- и фотоотчетов для многочисленных клиентов, инвесторов и различных акционеров. Сегодня в мире постоянно ведутся новые разработки по автоматизации таких работ, например, совместная разработка Autodesk, 3D Robotics, Kimley-Horn в США – платформа Solo и программный продукт Site Scan. Информационная система ГИС с использованием БЛА и специального программного обеспечения может автономно обследовать участки местности и формировать 2D- и 3D-карты в модели местности. Многофункциональные комплексы с БЛА в автоматизированных системах управления (АСУ) и связи используются для ретрансляции сигналов; в исследованиях картины распространения радиосигналов; для обследования вышек для сотовой связи [4–5]; применяются БЛА как «сетевые узлы» подключения к интернету (IoD, Internet of Drones). Сами сети для сотовой связи могут использоваться как дополнительный информационный и телекоммуникационный канал с БЛА наряду с обычными и привычными нам сетями, например в автоматизированных системах управления воздушным движением и т. п.

Отдельным направлением применения многофункциональных БЛА в составе ГИС можно выделить множество вариантов их применения, как отмечено, полицией: профилактические мероприятия с видеонаблюдением, контроль за митингами и массовыми мероприятиями, обеспечение контроля различных встреч VIP-персон, включая и встречи на высшем уровне, предотвращение террористических актов, контроль различных акций протеста, операции по борьбе с организованной преступностью и контрабандой наркотиков, операции по поимке опасных преступников, розыска 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 VI Intelligence, сама же представленная диаграмма для «разрешенного» применения БЛА в различных сферах показана на рис. 1 (приведены примеры использования платформ БЛА (БВС) в США по состоянию [12] на 2016 год).

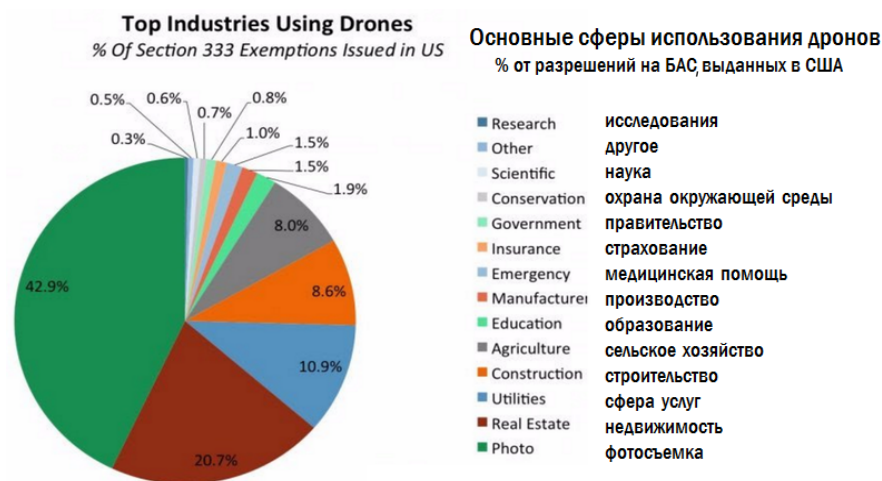


Рис. 1. Процентное соотношение применения БЛА в различных сферах (США)  
Fig. 1. Percentage of UAVs application in different fields (USA)

По состоянию на 12.02.2017 в мире уже производится и находит свое широкое применение более 850 различных видов платформ и разных типов БЛА. Информация о подобных разработках достаточно объемная, как правило, для ее анализа требуются время и группы специалистов [8]. Приведем еще пример. Среди этих разработок и инноваций следует отметить одну из новинок БЛА известной израильской компании Israel Aerospace Industries (IAI), впервые привезенную на авиасалон МАКС-2011, – привязную платформу 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 малоразмерных 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 оптико-электронными системами наблюдения mini-POF и micro-POF. Областями применения данной беспилотной авиационной системы (БАС) могут стать военные, гражданские и ведомственные задачи, такие как, например, охрана государственной границы или периметров важных охраняемых объектов. Сухопутный вариант использования привязного БЛА подразумевает его размещение на базе автомобиля повышенной проходимости. Кроме того, данный комплекс может размещаться на кораблях (морских и речных судах). Фактически сама система ЕТОР аналогична аэростатным комплексам. Однако у него ряд преимуществ перед многими аэростатами и дирижаблями, одним из которых является время разворачивания (или мобильность). В сводной табл. 1 представлены основные тактико-технические характеристики (ТТХ) действующих аэростатов известной фирмы TCOM L.P. [12].

Таблица 1  
Table 1

Основные ТТХ аэростатов фирмы TCOM L.P.  
Basic operational characteristics of TCOM L.P. aerostatic balloons

Тактико-технические характеристики аэростатов						
Параметр/тип модели	15М	17М	32М	38М	71М	74М
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 <sup>3</sup>	321	–	1700	–	16700	19000
Длина кабель-троса, м	460	–	1400	–	6250	–
Потребляемое электропитание, кВА	1	1	5,5	5,5	22	70
Время работы, ч	2	2	8	8	14 сут.	72

## РАЗВИТИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ НА ПЛАТФОРМАХ БВС

Как выше было отмечено, особое место использования БВС отводится их применению для обеспечения различных видов разведки и управления объектами в структурах глобальной информационной системы телекоммуникации и связи [1–7]. Из открытых данных мониторинга Международного союза электросвязи (ITU) следует, что к 2015 году 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. Установка принятой ранее (или уже традиционной) наземной сетевой инфраструктуры, включающая в себя права на участок земли, оборудование, оптоволоконные кабели и доступ к источникам питания, может стать нерентабельной. 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 кажется маловероятным, то есть вкладываемые инвестиции операторов в разработку традиционной инфраструктуры вряд ли смогут окупиться. По открытым материалам Json & Partners Consulting, покрытие 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 тыс. до 500 тыс. еще остаются без доступа к интернету, а также и к мобильной связи. До 38 %, или 6725 населенных пунктов, 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. Сами тарифы на спутниковую связь и передачу информации намного выше тарифов сотовых операторов, так как проектирование и разработка спутников, а также их запуск и обслуживание требуют огромных вложений и инвестиций. Для поиска новых решений этих потребностей во временном расширении сети операторы связи используют мобильные средства – 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 систем ГИС (территориальных государственных, краевых, областных, локальных, специализированных и др.) и рынка потребительских подключенных устройств в последние годы стимулировало разработку новых миниатюрных передатчиков, антенн и стандартов связи, которые позволяют решать «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 (или дронов). Такие платформы БЛА могут стать отдельной частью (как ячейкой) телекоммуникационной инфраструктуры операторов сотовой связи, выполняя функцию по ретрансляции множества телекоммуникационных сигналов. По оценкам ведущих специалистов PwC, объем мирового рынка для внедрения подобных решений с использованием цифровых платформ на базе БЛА в телекоммуникационной индустрии составляет (данные на 2016 год) до 6,3 млрд долл. США. Операторы сотовой связи не используют пока привязные БЛА полностью для ретрансляции телекоммуникационных сигналов (как известные нам радио, телевидение, интернет) на постоянной основе, но они уже проводят пилотные проекты для оказания подобных услуг, а такие крупные информационные корпорации как Google и Facebook покупают специализированные компании и различные стартапы, разрабатывающие передовые информационные технологии в этом направлении, на их базисе планируют запускать новые телеком-услуги для широких слоев населения и госучреждений. По оценкам из J'son & Partners, уже в 2021 году операторы сотовой связи будут использовать до 3739 мобильных базовых станций, что на 1527 единиц, или на 69 %, станций больше, чем это было в 2016 году. С учетом прироста для интернет-трафика [12] в сетях сотовых операторов на уровне 40 % за 2016 год и его прогнозируемое увеличение более чем в два раза к 2021 году, операторам потребуется увеличение пропускной способности сети и числа объектов ПБС/МБС. Большой частью закупаемого оборудования МБС будут 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 привязных платформ ВТП на основе БЛА; использование ВТП для ретрансляции услуг на обширных территориях, не покрытых сетями сотовой связи; развертывание услуг связи на базе группировок из атмосферных БЛА-спутников. Они могут 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 AT&T уже испытал (в конце июля 2016 года) мультироторный БЛА, который сами разработчики называли «летающей коровой», от английского COW – cell on wings, на его борту есть антенны и радиоголовка трансивера для сотовой связи. Задача этого мультироторного привязного БЛА – обеспечивать сотовое покрытие в зоне его развертывания. По своим функциональным возможностям такой привязной аппарат мало чем отличается от обычной сотовой вышки, а преимущество этой системы управления и связи – мобильность. Привязной БЛА будет способен обеспечивать мобиль-*

ное покрытие на площади свыше 100 квадратных километров, аппарат может находиться в воздухе в течение длительного времени – питание для самого БЛА и бортового радиооборудования подается по проводам от наземной автостанции (электростанции). На борту аппарата находится также небольшой резервный аккумулятор обеспечения задачи управления безопасностью полета для обеспечения устойчивой к возмущениям посадки БЛА в случае непреднамеренного сбоя питания. Идея не новая, но она приближена к возможности повседневного практического использования. Ранее подобные БЛА использовались только для ретрансляции сигнала, который непосредственно формировала наземная базовая станция. Подобную «привязную» систему для обеспечения общественной безопасности представили в Корею в 2016 году, а в США прошли эксперименты с привязным БЛА – системой PARC. Инженеры Qualcomm провели более 1000 полетных тестов, чтобы проверить, что самими БВС можно управлять непосредственно с помощью сотовой сети 4G/LTE. Испытания проводились специалистами из компании UAS Flight Center в Сан-Диего. По результатам исследования в Qualcomm, разработчики этой системы считают необходимым модифицировать саму сеть 4G/LTE в целях улучшения работы с беспилотными объектами. В частности, были предложены технические решения и 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 снимает ряд ограничений на дальность управления. Тем самым был сделан еще один шаг к управлению БЛА на большей дистанции. Испытания платформы 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 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 для ядра (как и сетевой сервер), вмещающаяся в небольшой рюкзак, 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, у оператора связи есть возможность 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.

Поисковые научные исследования в этой области ведутся и в России [1–8]. Примером является то, что совсем недавно в Институте проблем управления имени В.А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН) группа разработчиков под руководством профессора В.М. Вишневого впервые подняла в воздух (апрель 2017 года) привязную высотную телекоммуникационную платформу 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 проводам малого сечения, а в качестве летающей платформы был использован мультикоптер, длительность полета которого зависит от подачи электричества с земли по проводам и механического износа деталей БВС. Отметим, что мультикоптеры – гексакоптеры и октокоптеры, имеющие соответственно по шесть и восемь роторов, обладают гораздо большей грузоподъемностью по сравнению с квадрокоптерами. Они также способны сохранять устойчивый полет при выходе из строя одного из роторов, а также эти БЛА отличаются меньшим уровнем вибраций, что особенно важ-

но для проведения видеосъемки и фотографирования. В состав комплекса входят наземный пункт для преобразования энергии, кабель на кевларовой основе с тремя медными проводами из малого сечения для передачи на борт дрона электроэнергии для питания электродвигателей и аппаратуры полезной нагрузки, кабель на основе оптоволокна для обеспечения высокоскоростной передачи данных, а также непосредственно 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 киловатт [1, 2]. Такой БЛА-дрон может поднимать полезную нагрузку массой до 30 килограммов на высоту до 300 метров. Наземный компонент системы в мобильном исполнении может включать подвижную электростанцию мощностью в 100 киловатт с жилым модулем на базе шасси автомобиля типа КамАЗ 43114, а в полевых условиях – дизельную электростанцию мощностью до 30 киловатт. Время развертывания данного комплекса составляет не более 10 минут. Система обеспечивает возможность ее эксплуатации при температурах от  $-50$  до  $+50$  градусов Цельсия, беспилотный летательный аппарат может выполнять полет при ветре до 15 метров в секунду. Созданная привязная ВТП построена на принципах открытой архитектуры. В гражданском секторе экономики, в сельском хозяйстве и силовых ведомствах данная беспилотная авиационная система может использоваться для управления и связи подразделений, контроля проводимых полицией операций, обеспечения безопасности движения транспорта, охраны важных объектов и др. Радиус зоны покрытия ВТП составляет порядка 50 км, поэтому число самих абонентов, которые могут подключиться к ее базовой станции (БС), достаточно велико. Расположение БС непосредственно на борту БВС и большое число обслуживаемых абонентов выдвигают ряд основных потребительских 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.

Наиболее распространенной аппаратурой, которая может удовлетворять приведенным выше требованиям в России, является оборудование Wi-Fi. Данное оборудование имеет небольшую массу (0,5–1,5 кг), а также малую стоимость [8]. Для антенных систем может быть применима антенная решетка, имеющая достаточно большой коэффициент усиления и управляемую диаграмму направленности (ДН), а в качестве гибкого кабеля-троса, как отмечено, 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 данных).

Сегодня уже, как правило удачно, применяются такие кабель-тросы в области разработок различных платформ БЛА с прочностью на разрыв от 5 до 30 тонн для потребителей электроэнергии 3,5–31,5 кВт [12]. Эффективность применения ВТП в различных оборонных и гражданских отраслях, их экономичность по сравнению со спутниковыми системами предопределили огромное внимание к ним многих специалистов и разработчиков из разных стран мира. Сегодня выделяют два класса основных систем ВТП – пилотируемые (аэростаты, дирижабли, пилотируемые ЛА, космические спутниковые системы) и привязные платформы (платформы ВТП на высотных привязных аэростатах, беспилотных БВС и других ЛА), связанные механически с землей (или соединенные с наземным модулем привязным кабелем-тросом). Обыватели их еще называют «дроны на поводке». Вопросы по обеспечению безопасности и надежности полетов БВС также входят в число приоритетных задач [10]. В табл. 2 представлены основные ТТХ привязных ВТП.

Таблица 2  
Table 2

Основные ТТХ привязных высотных телекоммуникационных платформ  
Basic operational characteristics of the tethered high-altitude telecommunication platforms

Тип привязного БЛА (страна-разработчик)	Аэр. схема БЛА	Высота и масса полезной нагрузки Н(м) / кг	Устойчивость БЛА к ветру Постоянно / и порывы ветра	Время работы – нахождения в воздухе (ч)	Задачи ВТП БЛА
	Эл. питание				
Z-18UF (Франция)	Гексакоптер	40	–	–	Видеонаблюдение в теч. 24 часов в сутки
PARC (США)	Гексакоптер 85–265 В	152 / 2,7	12,8 / 18 м/с	–	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	–	Разведка видео, ИК, РЛ, мониторинг, целеуказание, ПП
Птеродактиль МАИ (Россия)	Конвертоплан предвар. уст. на т. «Амата»	20 /	до 10 м/с	–	Видео-, ИК-разведка
ВТП ИПУ РАН (Россия)	Октокоптер 20 кВт	300 / 30	до 15 м/с	ВН.непр.	Телекоммуникация и связь, видео- и ИК-наблюдение, целеуказание, ПП

### ПРОГНОЗИРУЕМОЕ РАЗВИТИЕ ОБЪЕКТОВ ПРИВЯЗНЫХ ПЛАТФОРМ БВС

Проведенные поисковые исследования и полученные оценки по эффективности применения ВТП в различных гражданских и специальных сферах – сельском хозяйстве, силовых ведомствах и др., высокая мобильность, компактность и др., а также экономический фактор по сравнению с очень дорогими спутниковыми системами предопределили огромное внимание специалистов и разработчиков по ВТП на основе БЛА. По оценкам экспертов из аналитического агентства PWC, через несколько лет рынок из одних только БЛА, например в сельском хозяйстве (не включая самолетные схемы), может составить около \$32,4 млрд, а среди ведущих стран, в которых происходит их наиболее активное использование, можно выделить США, Израиль, Китай, Японию, Бразилию, страны ЕС и др. Решая задачи 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 ГИС в формате 3D, рассчитывать показатель Normalized Difference Vegetation Index (нормализованный вегетационный индекс) с целью дальнейшего управления эффективностью удобрения культур [12], инвентаризировать проводимые отрасли работы и обеспечивать охрану для обширных сельхозугодий. Область наибольшего применения привязных платформ БЛА будет значительно расширена в сфере оказания различных услуг для телекоммуникации и связи. Как показывают многие исследования, возможности для внедрения таких



систем имеются. Например, для ВТП, работающей на высоте в 300 м, дальность связи составит до 70 км. Сфера привязных платформ ВТП может быть расширена за счет установки на их борту датчиков и аппаратуры многодиапазонного (видео, инфракрасного – ИК и радиолокационного – РЛ) наблюдения, различного целевого оборудования (ЦО) для управления робототехническими системами и комплексами, обеспечения подразделений МЧС и бригад полиции локальной связью и др. Для решения задач длительного наблюдения, целеуказания за различными объектами-целями может быть установлена наша отечественная разработка – радиолокационная станция (РЛС) «ФАРА», которая уже успешно применяется на практике. Данная всепогодная и круглосуточная РЛС работает на длине волны  $\lambda = 2$  см, она способна обеспечить обнаружение человека на дальности до 3–4 км, танка (или автомобиля) на дальности 6–7 км, имеет хорошие показатели разрешающей способности и надежности (до 5000 часов наработки на отказ), приемлемый вес (весь комплект весит 21,5 кг) и широкий диапазон рабочих температур: от  $-40$  до  $+50$  °С. С поднятием только антенного блока РЛС на высоту в 300 м позволит увеличить дальность ее действия примерно в 2–2,5 раза. Наряду с привязными объектами ВТП, установленных на мультикоптерах, они могут быть применимы и на аэростатах, летающих на высоте 3000–5000 м, которые могут долго находиться в воздухе – до 30 суток. 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 минут экипажем из двух человек, может поднимать груз 6,5 кг на высоту 300 м и находиться на этой высоте до трех дней. Эксплуатация показала, что они экономичнее по сравнению с аналогичными комплексами, расположенными на пилотируемых самолетах, в 6–7 раз.

Среди разработчиков и игроков на мировом рынке БЛА, которые в большинстве своем все же ориентируются на сферы народного хозяйства, 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» (Новосибирск), «Геоскан» (Санкт-Петербург), а также «Автономные аэрокосмические системы – «ГеоСервис» (Красноярск) и ZALA AERO (Ижевск). Спектр всевозможных оказываемых услуг, предоставляемых компаниями для внедрения многофункциональных БЛА в различные сферы народного хозяйства и силовых ведомств, достаточно обширный.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение следует отметить, что концепция (как система из общих взглядов) нового поколения высотных привязных телекоммуникационных платформ и привязных многоцелевых БЛА стремительно развивается. Существует ряд примеров ее практической реализации в различных телекоммуникационных задачах связи и управления [1]. Свое практическое применение она получила в беспилотных аппаратах вертолетного или аэростатического типа, когда не требуется большой радиус действия для БВС, но необходимо достаточно длительное его зависание на определенной высоте для выполнения многих задач – фотографирования, видеосъемки, длительного наблюдения объектов, ретрансляции радиосигналов и др. В России также ведутся подобные разработки. Например, беспилотная система для ВТП, предложенная в ИПУ РАН профессором В.М. Вишневым, имеет уровень мирового класса. Система ВТП построена на принципах открытой архитектуры и модульности [1–8], основу ее составляют ВТП и БЛА-мультикоптер, который размещен внутри специального бокса, может размещаться на крыше здания, автомобиле и корабле, подводной лодке и т. д. Перспективы этой инновации и концепции вполне очевидные – обеспечение информацией широких слоев населения, задачи управления

объектами в народном хозяйстве и оборонном ведомстве. Концепции присущи черты глобальной интеграции в мировые геоинформационные системы – глобальные сети Интернет и системы ГЛОНАСС/GPS.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вишневецкий В.М., Терещенко Б.Н.** Принципы построения и реализация привязных высотных телекоммуникационных платформ с использованием малогабаритных винтокрылых летательных аппаратов // Distributed Computer and Communication Networks. Theory and Applications (DCCN-2009), 2009. С. 102–116.
2. **Вишневецкий В.М., Семенова О.В., Шаров С.Ю.** Исследование гибридной связи с использованием атмосферного оптического канала и радиоканала миллиметрового диапазона радиоволн // Distributed Computer and Communication Networks. Theory and Applications (DCCN-2011). Москва, 26–28 октября 2011 г. С. 1–11.
3. **Полтавский А.В.** Многофункциональные комплексы беспилотных летательных аппаратов: монография / А.В. Полтавский, А.А. Бурба, А.Е. Аверкин, В.В. Макаров, В.В. Маклаков / Под ред. Е.Я. Рубиновича. М.: ИПУ РАН, 2015. 204 с.
4. **Вишневецкий В.М., Минниханов Р.Н.** Автоматизированная система контроля нарушений правил дорожного движения с использованием RFID-технологий и новейших беспроводных средств // Проблемы информатики. 2012. № 1 (13). С. 52–65.
5. **Вишневецкий В.М., Ларионов А.А., Целикин Ю.В.** Анализ и исследование методов проектирования автоматизированных систем безопасности на автодорогах // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2012. Т. 6, № 7. С. 48–54.
6. **Vishnevsky V.M.** Performance analysis of the BMAPG1 queue with gated service and adaptive vacations / V.M. Vishnevskiy, O.V. Semenova, A.N. Dudin, V.I. Klimenok // Performance Evaluations. 2011. Vol. 68, iss. 5. Pp. 446–462. DOI: 10.1016/j.peva.2011.02.003
7. **Полтавский А.В.** Информационные процессы в технике: моделирование систем и объектов многофункциональных робототехнических комплексов беспилотной авиации: монография / А.В. Полтавский, С.С. Семенов, А.А. Бурба, З.Ф. Нгуен / Под ред. В.М. Вишневецкого. М.: Издательский центр АО «ПСТМ», 2019. 404 с.
8. **Вишневецкий В.М., Терещенко Б.Н., Шабаев В.И.** Высотная винтокрылая платформа для беспроводных сетей передачи информации. Патент ПМ RU № 70067 U1, 10.01.2008.
9. **Вишневецкий В.М., Терещенко Б.Н., Шабаев В.И.** Способ формирования беспроводных сетей передачи информации и высотная винтокрылая платформа для его реализации. Патент RU № 2319319 C1, 10.03.2008.
10. **Полтавский А.В.** Управление безопасностью движения беспилотного ЛА // Датчики и системы. 2008. № 9. С. 4–7.
11. **Полтавский А.В.** Модель измерительной системы в управлении беспилотным летательным аппаратом // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2009. Т. 7, № 10. С. 73–77.
12. **Poltavskiy A.V.** Decision making concept to create complex technical systems / A.V. Poltavskiy, A.S. Zhumabayeva, K.A. Aizharikov, A.V. Pivkin, A.M. Telegin // Reliability & Quality of Complex Systems. 2016. № 2 (14). Pp. 74–84.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**Полтавский Александр Васильевич**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, avp57avp@yandex.ru.

## TELECOMMUNICATION OF COMMUNICATION AND CONTROL SYSTEMS ON UNMANNED AERIAL VEHICLES PLATFORMS

Alexander V. Poltavsky<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

### ABSTRACT

The review article discusses the possibility of using tethered high-altitude telecommunication platforms (VTPS) based on unmanned aerial vehicles (as tethered UAVs), which are also called – "tethered drones" Flying COWs (Cell on Wings). Their essence lies in the fact that sufficiently high electrical voltage is applied to a flexible metal cable from a ground-based mobile control point in order to solve the multidisciplinary VTP tasks for the local cellular coverage on a vast territory. These unmanned aerial systems with VTP and tethered UAVs, which retransmit signals in relation to a specific area as a part of the objects of modern geo information systems (GIS) covering particular regions, territories and hard-to-reach areas with a radio signal can find its fairly wide application in the near future, besides radio or optical communication of VTP can be used as a network of telecommunication channels for receiving/transmitting information.

**Key words:** complex technical systems, high-altitude telecommunication platform, modern geo information system, unmanned aerial vehicle, UAVs, object, composition, structure, system.

### REFERENCES

1. Vishnevskij, V.M. and Tereshchenko, B.N. (2009). *Printsiipy postroyeniya i realizatsiya privyazannykh vysotnykh telekommunikatsionnykh platform s ispolzovaniem malogabaritnykh vintokrylykh letatelnykh apparatov* [Principles of tethered high-altitude telecommunication platforms construction and implementation using small-sized rotary-wing aircraft]. Distributed Computer and Communication Networks. Theory and Applications (DCCN-2009), pp. 102–116. (in Russian)
2. Vishnevskij, V.M., Semenova, O.V. and Sharov, S.Yu. (2011). *Issledovaniye gibridnoy svyazi s ispolzovaniyem atmosfernogo opticheskogo kanala i radiokanala millimetrovogo diapazona radiovoln* [Research of hybrid communication using atmospheric optical channel and millimeter-wave radio channel]. Distributed Computer and Communication Networks. Theory and Applications (DCCN-2011), pp. 1–11. (in Russian)
3. Poltavsky, A.V., Burba, A.A., Averkin, A.E., Makarov, V.V. and Maklakov, V.V. (2015). *Mnogofunktsionalnyye komplekсы беспилотных летательных аппаратов: Monografiya* [Multi-functional complexes of unmanned aerial vehicles: Monograph], in Rubinovich E.Ya. (Ed.). Moscow: IPU RAN, 204 p. (in Russian)
4. Vishnevskij, V.M. and Minnikhanov, R.N. (2012). *Avtomatizirovannaya sistema kontrolya narusheniy pravil dorozhnogo dvizheniya s ispolzovaniyem RFID-tekhnologiy i noveyshikh besprovodnykh sredstv* [Automated system for monitoring traffic violations using RFID technologies and the latest wireless means]. Problemy informatiki, pp. 52–65. (in Russian)
5. Vishnevskij, V.M., Larionov, A.A. and Tselikin, Yu.V. (2012). *Analiz i issledovaniye metodov proyektirovaniya avtomatizirovannykh sistem bezopasnosti na avtodorogakh* [Analysis and research of design methods for automated safety systems on highways]. T-COMM, vol. 6, no. 7, pp. 48–54. (in Russian)
6. Vishnevskij, V.M., Semenova, O.V., Dudin, A.N. and Klimenok, V.I. (2011). *Performance analysis of the BMAPG1 queue with gated service and adaptive vacations*. Performance Evaluations, vol. 68, issue 5, pp. 446–462. DOI: 10.1016/j.peva.2011.02.003
7. Poltavsky, A.V., Semenov, S.S., Burba, A.A. and Nguyen, Z.F. (2019). *Informatsionnyye protsessy v tekhnike: modelirovaniye sistem i obyektov mnogofunktsionalnykh robototekhnicheskikh*

*kompleksov bespilotnoy aviatsii: Monografiya* [Information processes in engineering: modeling systems and objects of multifunctional robotic systems for unmanned aviation: Monograph]. Moscow: Izdatelskiy tsentr AO "PSTM", 404 p. (in Russian)

**8. Vishnevskij, V.M., Tereshchenko, B.N. and Shabaev, V.I.** (2008). *Vysotnaya vintokrylaya platforma dlya besprovodnykh setey peredachi informatsii* [High rope-winged platform for wireless information transmission networks]. Patent PM RU, no. № 70067 U1, January 10, 2008. (in Russian)

**9. Vishnevskij, V.M., Tereshchenko, B.N. and Shabaev, V.I.** (2008). *Method for composing wireless information transfer networks and a high-altitude rotary-wing platform for realization of the method*. Patent RU, no. 2319319 C1, May 10, 2008. (in Russian)

**10. Poltavsky, A.V.** (2008). *Controlling motion safety of a pilotless vehicle*. Datchiki & Sistemi, no. 9, pp. 4–7. (in Russian)

**11. Poltavskiy, A.V.** (2009). *Control in the adjustment of vertical channel of an unmanned aircraft*. Information-Measuring and Control Systems, vol. 7, no. 10, pp. 73–77. (in Russian)

**12. Poltavskiy, A.V., Zhumabaeva, A.S., Ayzharikov, K.A., Pivkin, A.V. and Telegin, A.M.** (2016). *Decision making concept to create complex technical systems*. Reliability & Quality of Complex Systems, no. 2 (14), pp. 74–84.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Alexander V. Poltavsky**, Doctor of Technical Sciences, Senior Scientific Researcher, Leading Researcher, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, avp57avp@yandex.ru.

Поступила в редакцию 04.02.2021  
Принята в печать 25.03.2021

Received 04.02.2021  
Accepted for publication 25.03.2021