

Выбор беспилотного летательного аппарата для решения задач топогеодезического и навигационного обеспечения

Choice of an unmanned aerial vehicle for solving problems of topogeodesic and navigation support

Хрущ / Khrusch R.

Роман Михайлович

(chrusch@rambler.ru)

кандидат технических наук, доцент.

ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия

имени А. Ф. Можайского» МО РФ

(ВКА им. А. Ф. Можайского),

профессор кафедры фототопографии

и фотограмметрии.

г. Санкт-Петербург

Соловьев / Soloviev A.

Алексей Владимирович

(solov19882008@mil.ru)

кандидат технических наук.

ВКА им. А. Ф. Можайского,

начальник 453-й лаборатории военного института

(научно-исследовательского).

г. Санкт-Петербург

Ахматов / Ahmatov R.

Расул Борисович

(vka@mil.ru)

ВКА им. А. Ф. Можайского,

курсант 7-го факультета.

г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты – unmanned aerial vehicles; топогеодезическое и навигационное обеспечение – topogeodesic and navigation support; цифровые фотоаппараты – digital cameras; пространственное разрешение – spatial resolution.

В статье приведен анализ технических характеристик двух моделей беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), представляющих классы микро- и мини-БПЛА. Показано, что выбор беспилотного летательного аппарата для решения задач топогеодезического и навигационного обеспечения зависит не только от его возможностей, но и от видов создаваемой геопространственной информации. Этот фактор является основным. Кроме того, на выбор БПЛА влияют и физико-географические условия района съемки. Обоснованы и даны конкретные рекомендации.

The article analyzes the technical characteristics of two models of unmanned aerial vehicles (UAVs), representing the classes of micro- and mini - UAVs. It is shown that the choice of an unmanned aerial vehicle for solving problems of topogeodesic and navigation support depends not only on its capabilities, but also on the types of geospatial information created. This factor is the main one. In addition, the choice of the UAV is also influenced by the physical and geographical conditions of the survey area. Specific recommendations are justified and given.

Введение

Диапазон применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для выполнения различных задач в настоящее время всё расширяется: обследование высотных сооружений (например, фабричных труб, высотных зданий, плотин, мостов и т.п.), мониторинг протяжённых объектов (нефте- и газопроводов и др.), географические исследования, археология, сельское хозяйство и многое другое. Перечень можно продолжать. Но главное, о чём необходимо сказать – это составление крупномасштабных планов, создание ортофотопланов, измерительных (метрических) моделей местности и другой геопространственной информации, которая представляет непосредственный интерес, так как может применяться при топогеодезическом и навигационном обеспечении (ТГНО) промышленности, сельского хозяйства и Вооружённых сил (ВС).

При интенсивном развитии территории (крупномасштабном строительстве, мониторинге, географических исследованиях и т.д.) особую важность приобретает оперативное исправление карт, создание специальных карт и фотодокументов, определение координат различных объектов и другие подобные задачи. Впрочем, подобные задачи могут возникать и в ВС: оборудование полигонов и учебных полей, районов проведения учений, стрельбищ и т.п. Для их

решения потребуются современная (свежая), достоверная и точная информация. Её можно получить в результате аэрокосмических съёмок.

Однако применение аэрокосмических съёмок не всегда может быть эффективным. Так, для выполнения космической съёмки конкретного локального района потребуется запуск специального спутника, или его перенацеливание на данный объект, сверхвысокое пространственное разрешение, а также передача материалов съёмки на пункты наземной обработки. Всё это, включая наземную обработку, может занимать продолжительное время и тем самым оперативность получения конечной продукции будет невысокой.

Использование пилотируемых авиационных средств является дорогостоящим и экономически нецелесообразным при съёмке небольших участков местности и локальных территорий. К тому же следует учитывать риски для жизни и здоровья экипажа воздушных судов при аэрофотосъёмке.

В описанных выше случаях наиболее оправданным будет применение аэросъёмки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Желательно, чтобы применение БПЛА было эффективным. Особенно если речь идёт о топогеодезическом и навигационном обеспечении ВС.

Основные подходы к выбору беспилотного летательного аппарата

Оперативность применения БПЛА, как представляется, зависит от нескольких факторов, а именно таких как: выбор самого БПЛА (с соответствующей специальной аппаратурой, обеспечивающей получение достоверных материалов съёмки), оперативной обработкой материалов и, в конечном итоге, наглядными и точными результатами создаваемой продукции. В свою очередь на оперативность обработки материалов съёмки, а в целом и на эффективность применения БПЛА, оказывает существенное влияние работа программного обеспечения (ПО).

Статья посвящена выбору БПЛА, который предполагается включить в состав подвижного многоцелевого топографо-геодезического комплекса (ПМТГК). Это одна из частных задач, которые исследуются и решаются в одной из научно-исследовательских работ.

В настоящее время более 50 стран занимаются производством и применением беспилотных летательных аппаратов. Производятся они и в нашей стране. В настоящее время вопросы применения БПЛА в боевых действиях получили достаточное освещение в специальных источниках, в том числе и вопросы применения БПЛА для аэрофотосъёмки. Довольно подробный и системный анализ БПЛА для аэрофотосъёмки содержится, в частности, в материалах фирмы «Ракурс», которые выложены в разделе «Библиотека» на ее официальном сайте [1–3]. Здесь

остановимся на отдельных вопросах и особенностях аэрофотосъёмки с БПЛА.

Не прибегая к подробной классификации БПЛА, укажем, что для аэрофотосъёмки применяются, как правило, микро-БПЛА и мини-БПЛА [4]. Масса микро-БПЛА находится в пределах 10 кг, время полёта около 1 часа и высота полёта до 1 километра. Мини-БПЛА имеют массу до 50 кг, время полёта – несколько часов (отдельные – до 10 часов) и высоту полёта – до 3–5 километров. Исходя из самых общих характеристик моделей БПЛА этих двух классов, констатируем, что такие беспилотные аппараты следует использовать при ТГНО в основном крупномасштабных инфраструктурных задач.

При выборе беспилотного летательного аппарата можно воспользоваться некоторыми рекомендациями из работы [5], однако – только некоторыми: во-первых, потому что там речь идёт о съёмке незначительных по площади территорий и, во-вторых, необходимо учитывать задачи ТГНО, уровень планируемых инфраструктурных задач, точность создаваемых материалов и время на их создание. Но вначале остановимся на более детальном анализе технических характеристик и возможностей двух моделей БПЛА этих классов. Такими БПЛА являются Геоскан-201 и Орлан-10 соответственно.

Беспилотный летательный аппарат Геоскан-201 производит ГК «Геоскан» (Санкт-Петербург). Орлан-10 производится также в Санкт-Петербурге «Специальным технологическим центром» (СТЦ). Основные их технические характеристики приведены в табл. 1.

БПЛА Орлан-10 комплектуется камерой Phase One iXU-150 – фотоаппарат с центральным затвором и с фокусным расстоянием 55-мм объектива (в эквиваленте 35 мм плёнки), матрица имеет разрешение 50 Мп.

БПЛА Геоскан 201 комплектуется камерой Sony DSC-RX1 – фотоаппарат с центральным затвором и 35-мм объективом, матрица – 24,7 Мп.

Сравнивая технические характеристики БПЛА и их возможности, следует отметить более высокие показатели производительности комплекса Орлан-10. Среди них:

- классическая аэродинамическая схема планера Орлан-10 позволяет выдерживать заданные параметры аэрофотосъёмки;
- более длительное время полёта (до 12 часов), в том числе при необходимости в автономном полёте;
- более широкий диапазон рабочих температур (до -30°C). Орлан-10 снабжён двигателем внутреннего сгорания, а на Геоскане 201 установлен электрический двигатель;
- среднеформатная камера Phase One iXU-150 оснащена более длиннофокусным объективом ($f=55\text{ мм}$), что позволяет получать данные аэрофотосъёмки более высокого качества;
- наличие на Орлан-10 камеры оценки облачности (вертикальной видимости) для контроля процесса

Таблица 1

Характеристика	Орлан-10	Геоскан-201
Продолжительность полета	12 часов	до 2,5 часов
Минимальная / максимальная скорость	70/150 км/ч	64/130 км/ч
Рабочая (крейсерская) скорость	100 км/ч	80 км/ч
Максимальная высота полета	5000 м	4500 м
Рабочая высота полета	300–5000 м	100–1000 м
Площадь участка съемки за 1 полёт при разрешении 4 см/пикс	120 км ²	до 7 км ²
Взлетная масса / Масса БПЛА, снаряженного фотоаппаратом и аккумуляторной батареей	18 кг	5,5 кг
Масса полезной нагрузки	2,5 кг	до 1,5 кг
Размах крыльев	310 см	220 см
Тип двигателя	ДВС (АИ-95)	Электрический
Время подготовки к старту	30 мин	15 минут
Запуск	С катапульты	С катапульты
Посадка	На парашюте	На парашюте

Таблица 2

Камера	Масштаб	Высота полёта, м	Время АФС, часов	Площадь афс, кв. км	Размер снимка на местности, м	Простр. разрешение снимко в. м
PhaseOne iXU-150, матрица 8280 × 6208 (44мм × 33 мм)	Орлан-10					
	1:2000	2070	10	745	1650×1240	0, 20
	1:1000	1035	10	300	830×620	0, 10
	1:500	600	10	175	500×370	0, 06
Sony DSX-RX1, матрица 6000 × 4000 (35,8 × 23,9 мм)	Геоскан 201					
	1:2000	1180	2, 5	22	1200×800 м	0, 20
	1:1000	600	2, 5	15	600×400 м	0, 10
	1:500	350	2, 5	7	360×240 м	0, 06

аэрофотосъёмки в онлайн режиме на значительном удалении от места старта способствует надёжной съёмке;

– гарантийный ресурс БПЛА Орлан-10 – 50 пусков или 500 часов, по сравнению с гарантийным ресурсом Геоскана 201 (50 пусков или 125 часов), обеспечивает более продолжительный период работы Орлана-10.

Сравнительные характеристики по примерной производительности комплексов Орлан-10 и Геоскан-201 приведены в таблице 2.

Производительность аэрофотосъёмки за один полёт

Из таблицы 1 следует, что за один полёт Орлан-10 может снять участок местности площадью 120 кв. км, а из таблицы 2 – максимальная площадь съёмки составляет 745 кв. км. Для БПЛА Геоскан-201 эти показатели равны 7 и 22 кв. км соответственно. Противоречия в приведенных показателях нет, разница в их значениях из таблиц 1 и 2 вызвана различными пространственными разрешениями снимков (в таблицах указаны). В то же время технические характеристики БПЛА и показатели производительности позволяют обоснованно производить выбор БПЛА для решения определённых задач, а также учитывать климатические и другие физико-географические условия региона, в которых придётся применять беспилотники.

БПЛА Орлан-10 можно, например, использовать для оперативного исправления топографической карты масштаба 1:50 000 (площадь одного листа может достигать 300 и более кв. км). Снимки с беспилотника Геоскан 201 для этой цели применять экономически невыгодно (их будет слишком много, а обработка продолжительней). В то же время снимки, полученные с этого БПЛА рационально использовать для создания ортофотопланов масштаба 1:2000 и крупнее на небольшие участки.

Однако снимки с БПЛА Орлан-10 с пространственным разрешением 20 см можно использовать для создания ортофотопланов масштаба 1:2000 на большую территорию (при необходимости), а по снимкам с таким же пространственным разрешением, полученным с Геоскана-201, площадь снятых участков будет всего лишь 22 кв. км.

Приведенные примеры показывают, что при выборе БПЛА необходимо внимательно учитывать технические характеристики самого беспилотника и возможности его полезной нагрузки (в первую очередь фотоаппарата). Кроме того, наличие в штатном оборудовании интегрированной спутниковой и инерциальной системы GPS/IMU (Global Positioning System/Inertial Measurement Unit) позволяет использовать её не только для навигации, но и для определения элементов внешнего ориентирования

(ЭВО) снимков. Определение в полёте ЭВО снимков не только ускоряет процесс обработки, но и повышает точность результатов. Поэтому на некоторых современных БПЛА устанавливают двухчастотные GPS приемники, что (при наличии и более точных инерциальных систем IMU) позволяет получать в полёте более точные ЭВО снимков.

Высота съёмки влияет на размер пространственного разрешения снимков и количество изображений, поэтому корректируя её, можно изменять и пространственное разрешение, и количество снимков.

На большинстве БПЛА устанавливаются простые неметрические цифровые фотоаппараты, что связано с массой возможной полезной нагрузки, но для применения таких камер требуется предварительная их калибровка.

На модели БПЛА с большой грузоподъемностью устанавливают зеркальные полноформатные фотокамеры, такие как Canon (EOS) или Nikon (D800). Важным обстоятельством для съёмки является затвор съёмочного фотоаппарата – целесообразно использовать камеры с центральным или электронным затвором. Съёмка цифровыми фотоаппаратами с ламельным затвором (например, Canon EOS 5D) вызывает «смаз» изображения, что приводит к ограничению выдержки и к накоплению систематических ошибок снимков [6]. Поэтому такие цифровые фотоаппараты не рекомендуется использовать или принимать дополнительные меры при обработке цифровых снимков, чтобы не допускать снижения точности.

Некоторые модели БПЛА оборудуют профессиональными аэрокамерами, созданными специально для съёмки с БПЛА, например, Phase One. Подобная камера (PhaseOne iXU-150) установлена на БПЛА Орлан-10. Такие камеры (массой 2,9 кг) обеспечивают нужное качество изображений, но стоят дорого (35–45 тыс. евро) [6].

При выборе БПЛА необходимо учитывать также количество солнечных дней, уровни температуры, преобладающие в определённое время года в данном регионе, наличие низкой облачности, характер рельефа и т.п. Например, более широкий диапазон рабочих температур беспилотника Орлан-10 позволяет его применять в различных климатических зонах: от северных районов до субтропиков.

Двигатели внутреннего сгорания, устанавливаемые на некоторых БПЛА, в частности на Орлан-10, увеличивают продолжительность полёта, следовательно позволяют достигать большей производительности.

Следует также отметить, что БПЛА Орлан-10 производится серийно и принят на вооружение МО Российской Федерации, а БПЛА Геоскан-201 не сертифицирован. Однако преимуществом технологии Геоскана является наличие программного обеспечения, позволяющего оперативно обрабатывать полученные материалы.

Заключение

Выполненный обзор технических характеристик и возможностей моделей БПЛА, относящихся к разным классам, показал, что их целесообразно использовать для решения различных задач ТГНО. Квалифицированный выбор БПЛА ведёт не только к более высокой оперативности получения геопространственной информации, но и к повышению её качества и точности.

Что касается вооружения топогеодезических комплексов с беспилотными летательными аппаратами, то возможны два варианта:

- один БПЛА типа Орлан-10;
- два БПЛА классов микро- и мини-БПЛА соответственно

Приведенные рекомендации помогут, во-первых, принять решение о выборе беспилотного летательного аппарата для ПМТГК и, во-вторых, квалифицированно планировать топогеодезическое и навигационное обеспечение с применением БПЛА.

Литература

1. Зинченко, О. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 1) [Электронный ресурс] / О. Зинченко // Ракурс. – 2011. – Режим доступа: <https://racurs.ru/press-center/articles/bespilotnye-letatelnye-apparaty/UAV-for-mapping-1/> [дата обращения: 04.03.2022], свободный. – Загл. с экрана.
2. Сечин, А. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 2) [Электронный ресурс] / А. Сечин, М. Дракин, А. Киселева // Ракурс. – 2011. – Режим доступа: <https://racurs.ru/press-center/articles/bespilotnye-letatelnye-apparaty/UAV-for-mapping-2/> [дата обращения: 04.03.2022], свободный. – Загл. с экрана.
3. Смирнов, А. Обзор беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] / А. Смирнов // Ракурс. – 2016. – Режим доступа: <https://racurs.ru/press-center/articles/bespilotnye-letatelnye-apparaty/UAV-review/> [дата обращения: 04.03.2022], свободный. – Загл. с экрана.
4. Хрущ, Р. М. Беспилотные летательные аппараты: аэрофотосъемка и обработка материалов в целях топогеодезического и навигационного обеспечения войск / Р.М. Хрущ, А.А. Саливончик, М.М. Хисметов // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Совершенствование средств и методов сбора и обработки геопространственной информации и системы подготовки специалистов в области топогеодезического и навигационного обеспечения». – 2018. – 528 с.
5. Смирнов, А. Как выбрать беспилотник для картографических задач [Электронный ресурс] / А.Смирнов // Ракурс. 2015. – Режим доступа: <http://www.racurs.ru/?page=681> [дата обращения: 04.03.2022], свободный. – Загл. с экрана.

6. Михайлов, А. О применении цифровых фотокамер со шторно-щелевым затвором для выполнения аэрофотосъемки с легкомоторных и беспилотных летательных аппаратов / А.П. Михайлов, Эдгар Рубен Монтель Андраде // Известия ВУЗов «Геодезия и аэрофотосъемка». – 2013. – № 4. – С. 30–32.