

Применение беспилотных летательных аппаратов для обследования линий электропередачи

- Барбасов В.К.¹, “СъемкаСВоздуха. РФ”, Москва
- Орлов П.Ю., Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), Москва
- Фёдорова Е.А., ФГБОУ ВО “Уфимский государственный авиационный технический университет”, Уфа

Рассмотрены основные направления применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) для обследования линий электропередачи. Приведены основные технические и программные компоненты, необходимые для решения производственных задач диагностики воздушных линий (ВЛ) в электросетевом секторе электроэнергетики РФ.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БЛА), воздушное судно, авиационная система, контроль и обследование, линии электропередачи.

Обследование воздушных линий электропередачи при помощи БЛА достаточно новое, но перспективное направление. При обследовании участков линий электропередачи, находящихся в труднодоступных местах, наземное обследование может затянуться на несколько дней или даже неделю. Обследование же при помощи БЛА уменьшит это время до нескольких часов [1].

Перечислим основные виды работ, для которых возможно применение беспилотных летательных аппаратов:

плановое обследование – облёты ВЛ, наблюдение и фотографирование на малых (5 – 70 м) и средних (70 – 400 м) высотах, инспекция ВЛ и охранной зоны, выявление дефектов и нарушений, определение нарушений габаритов просеки и проводов (пространственные 3D-изображения);

аварийно-восстановительные работы – обёт воздушных линий на средних высотах при различных метеоусловиях; в ночное время с использованием фотовспышки или тепловизора;

картографические работы – создание цифровых топографических и кадастровых планов, трёхмерных моделей местности и линий электропередачи, сопровождение работ по строительству и реконструкции ВЛ [2].

Данный способ обследования воздушных линий является безопасным, так как полёт осуществляется на малых высотах и без экипажа на борту. Кроме этого, существует ещё ряд преимуществ: возможность съёмки в сложных метеоусловиях; полнота обследования, т.е. ВЛ обследуется на всей протяжённости, съёмка осуществляется с разных ракурсов, а получаемые снимки имеют высокое разрешение [3].

Основные БЛА самолётного типа для обследования ВЛ, используемые в России, – это аппараты “Геоскан” компании “Геоскан”, г. Санкт-Петербург

бург (www.geoscan.aero/), “Суперкам” компании “Финко”, г. Ижевск [2] и “Птеро” (<http://ptero.ru/>) компании “АФМ-Серверс” (г. Москва). Кроме БЛА самолётного типа, активно внедряются БЛА мульти rotorного типа, такие как “Геоскан 401”, “Суперкам X8” и “Форпост X6” (рис. 1) [4].

На рис. 2 показана схема облёта (обследования) линии электропередачи мульти rotorным БЛА, а на рис. 3 – кадры, полученные при обследовании ВЛ с помощью БЛА “Геоскан 401”. Фото, представленные на рис. 4, сделаны с БЛА “Птеро” с разрешением 0,7 см на пиксель.

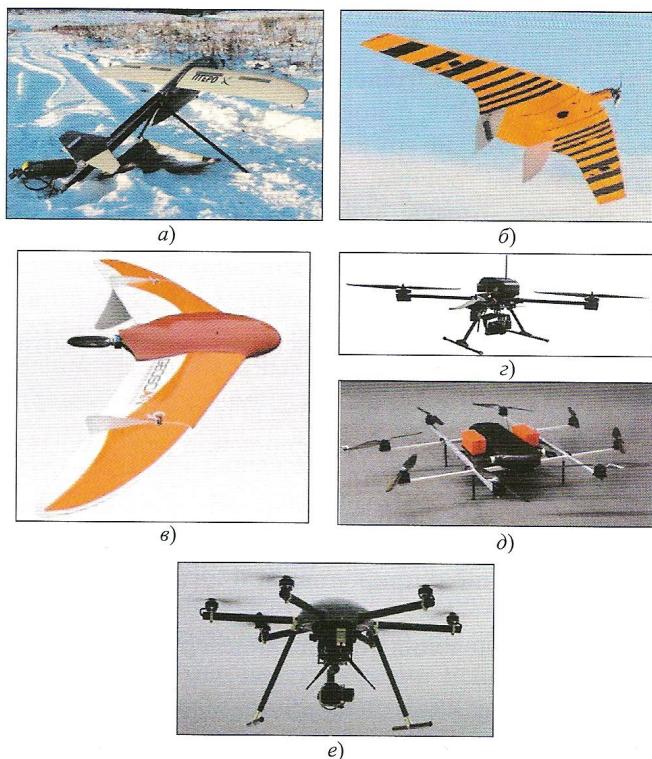


Рис. 1. Основные БЛА самолётного (а – в) и мультиrotорного (г – е) типа для обследования ВЛ, используемые в России:

а – Птеро-G0; б – Суперкам S350f; в – Геоскан 201; г – Геоскан 401; д – Суперкам X8; е – Форпост X6

¹ Барбасов Вячеслав Константинович:
vyacheslav@barbasov.ru

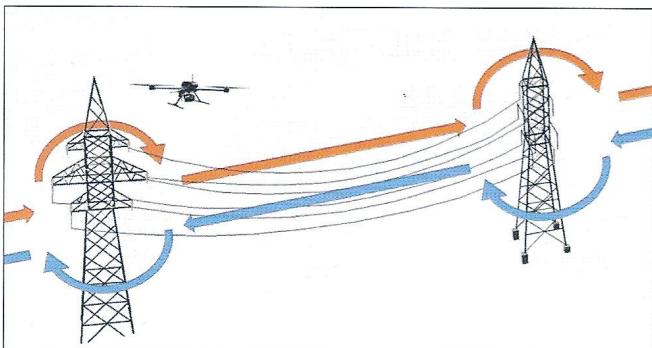


Рис. 2. Схема обследования ВЛ с мультироторного БЛА

При проведении аэрофотосъёмочных работ можно получить снимки высокого разрешения, что позволяет выявить и проанализировать достаточно большое число дефектов, таких как:

дефекты опор:

отсутствие, отрыв, деформация элементов металлических опор;

выкрашивание бетона, деформация железобетонных опор;

отклонение опор от вертикали;

разворот, деформация траверс на железобетонных опорах;

отсутствие натяжения внутренних стяжек и тросовых растяжек;

падение, повреждение опор;

дефекты провода, изоляторов, линейной и скелетной арматуры:

разрушение элементов стеклянных и фарфоровых изоляторов;

отсутствие гасителей вибрации или смещение их вдоль проводов относительно проектного положения, отсутствие грузов, потеря работоспособности несущего тросика;

изломы, отрывы лучей дистанционных распорок между проводами расщеплённой фазы;

обрыв проводов;

дефекты на трассе:

наличие опасной для эксплуатации ВЛ растительности;

падение деревьев на провода и опоры;

наличие древесно-кустарниковой растительности в охранной зоне;

наличие строений и прочих объектов в охранной зоне;

пересечение с природными и антропогенными объектами;

опасные явления (проседание грунта, подтопление и др.).

Полученные при обследовании фотоматериалы необходимо отсмотреть и проанализировать. Ручной просмотр снимков специалистом – достаточно трудоёмкая задача, однако для определения большинства дефектов этот способ пока единственный. Существуют технологии, которые позволяют уменьшить объём трудоёмкого ручного просмотра



Рис. 3. Кадры обследования ВЛ с борта БЛА “Геоскан 401”

фотоматериалов и увеличить практическую пользу от результата, количества и качества получаемой аналитической информации, используя геоинформационную систему [5].

Все полученные материалы загружают в геоинформационную систему, которая позволяет объединить все результаты обследования в единой базе данных с наглядным отображением обследуемых объектов (с привязкой к местности) [6]. Перечислим возможности геоинформационной системы:

анализ местности;

быстрый доступ к результатам обследования (описанию обнаруженных дефектов);

быстрый доступ к фотографическим изображениям обнаруженных дефектов;

быстрый доступ к 3D-моделям местности и линии электропередачи.

Рассмотрим технологию обследования линий электропередачи, используемую компанией “Геоскан”, технологии других компаний будут рассмотрены в следующих статьях.

Полёт БЛА осуществляется в четыре пролёта вдоль линии электропередачи с 80%-ным перекрытием; каждая точка на снимке имеет 12-кратное перекрытие. Для увеличения скорости работ можно использовать сразу два БЛА, запуская их в одну и другую сторону вдоль линии.

Полученные снимки сразу загружаются в геоинформационную систему “Спутник ЛЭП” (рис. 5), где происходит их “швивка” автоматически подключающимся ПО “PhotoScan” (www.agisoft.com). В результате специалисты получают большое количество информации, которая не была бы доступна при визуальном осмотре ВЛ



Рис. 4. Снимки, сделанные с БЛА “Птеро” с разрешением 0,7 см на пиксель

или рассмотрении аэрофотоснимка (рис. 6), причём точность воспроизведения провода на экране компьютера составляет 10 – 15 см.

При использовании технологии компании “Геоскан” можно получить:

ортоплан и цифровую модель местности (полоса шириной 200 м);

геодезические координаты всех опор линии электропередачи;

расстояние между опорами;

стрелу провеса каждого пролёта ВЛ;

число и расположение угрожающих деревьев;

площадь залесенности внутри существующей просеки;

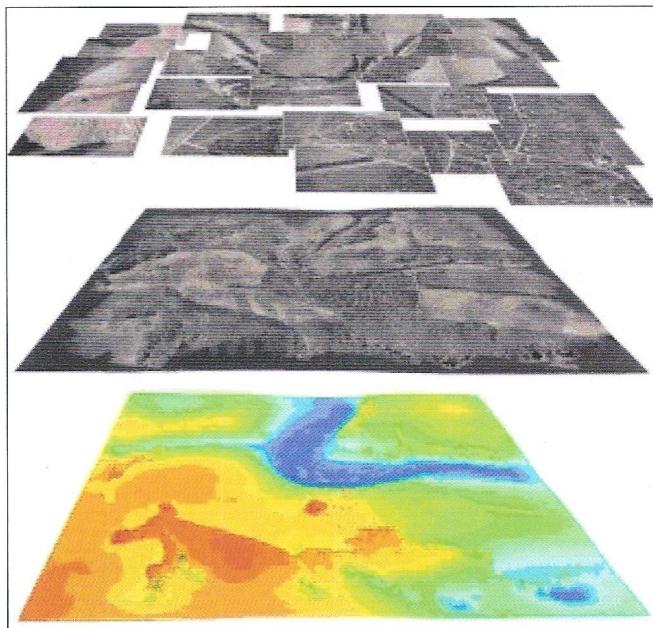


Рис. 5. Преобразование снимков в 3D-модель

площадь залесенности для расширения линии при проектной ширине просеки 50 м: 25 м влево и 25 м вправо (число деревьев, их диаметр и кубатура деловой древесины);

дефекты изоляторов;

дефекты опор;

дефекты арматуры;

возможность определения наиболее пригодных для подъезда (подхода) к линии путей и дорог.

Кроме того, подготовлена программа для работы специалистов службы линий для определения габаритов проводов, замеров расстояний над реками, озёрами и дорогами, определения характеристик угрожающих деревьев, визуального осмотра состояния опор, изоляторов и проводов.

При благоприятных условиях в день при помощи одного БЛА можно обследовать и отснять до 200 км ЛЭП. Таким образом, решается задача замены трудозатратных полевых работ последовательностью автоматизированных операций, появляется возможность визуальной оценки данных в трёхмерном изображении, специалисты получают материалы в удобной форме (вывод и представление рассчитанных показателей).

При использовании БЛА для обследования линий электропередачи в качестве полезной нагрузки могут быть использованы и другие камеры.

Видеосъёмку целесообразно использовать для оперативного контроля состояния линии электропередачи при чрезвычайной ситуации и плановом мониторинге, с передачей видеоизображения в режиме реального времени на наземную станцию управления оператора [5, 6]. Видеосъёмка обычно ведётся с разрешением 1920 × 1080 пикселей (что соответствует матрице с разрешением в 2 Мп), но

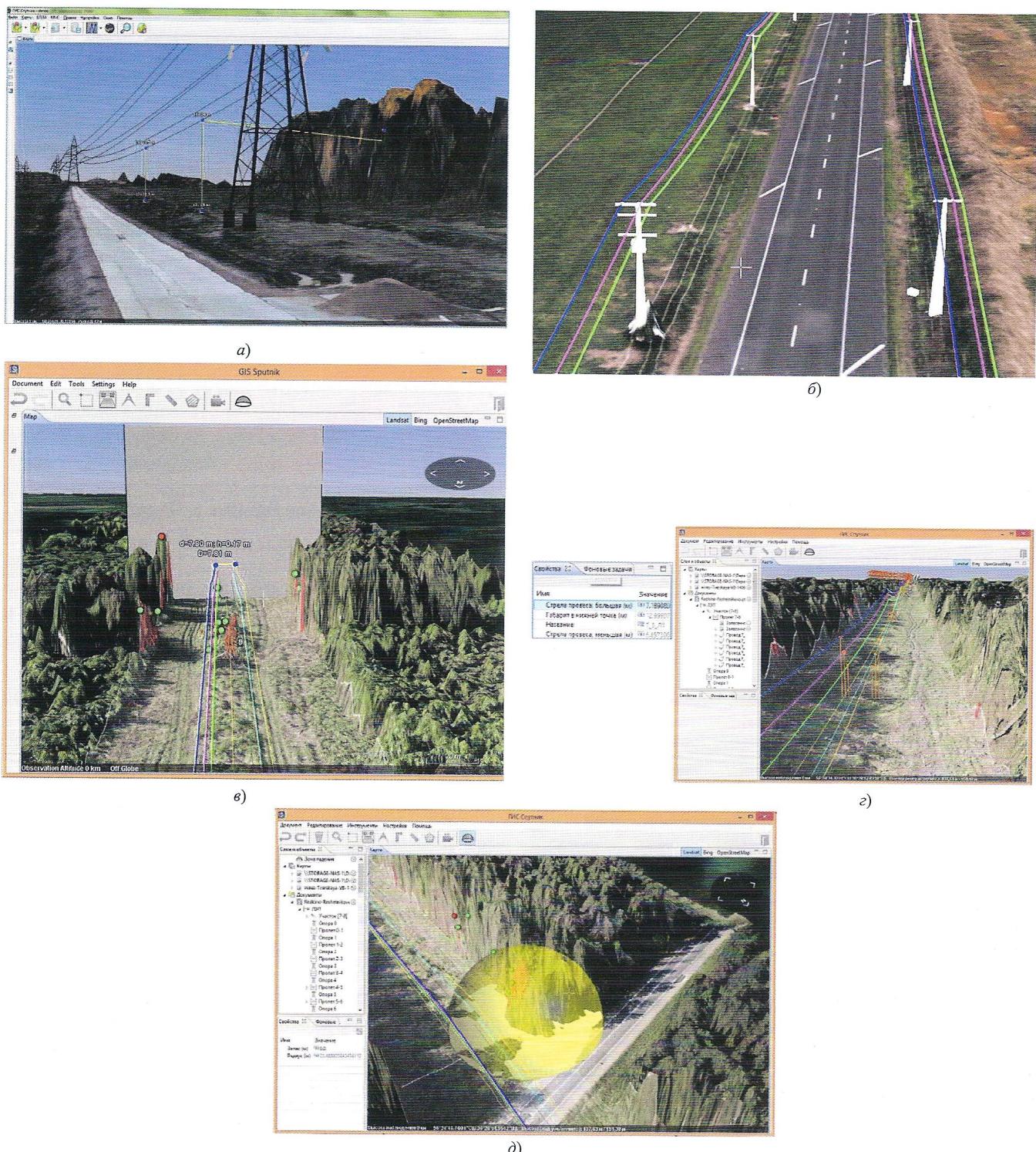


Рис. 6. Возможности геоинформационной системы “Спутник ЛЭП”:

а – воспроизведение на экране монитора (по материалам обследования) участка линии электропередачи; б – 3D-модель ВЛ; в – определение площади залесенности; г – определение стрел провеса проводов и габаритов ВЛ; д – выявление и подсчёт угрожающих деревьев, определение зон падения

этого вполне достаточно, чтобы разглядеть большинство повреждений ЛЭП с расстояния в 5 – 7 м.

Съёмка элементов линии электропередачи при помощи небольшого БЛА мультироторного типа, оборудованного камерой типа GoPro, с расстояния 3 – 5 м позволит выполнить обследование верхних элементов ближайшей опоры ВЛ без привлечения

подъёмника или вертолёта, а также без отключений на линии.

Тепловая съёмка при обследовании воздушных линий. Имея хорошую чувствительность (0,1 – 0,3 К), все используемые тепловизоры имеют невысокое разрешение, обычно 640×480 .



Рис. 7. Коронные разряды в УФ-спектре

При высоте полёта 200 м с помощью тепловизора, установленного на самолетном БЛА, можно выявлять такие нарушения, как подтопление в охранных зонах, разрушение опор, а также нарушения, которые вызвали нагрев значительной площади (около 1 м²), например, перегрев крупных трансформаторов, пожары. Для рассмотрения нарушений на площади менее 1 м² разрешение недостаточное.

Съёмка элементов ВЛ при помощи тепловизора, установленного на мультиrotорном БЛА, оптимальна в том случае, когда к объекту съёмки нельзя подойти.

Ультрафиолетовая съёмка при обследовании ВЛ. УФ-камеры работают в диапазоне 240 – 280 нм (UVC). В этом диапазоне солнечная радиация поглощается атмосферным озоном, что делает возможным наблюдение частичных поверхностных разрядов (короны) при естественном освещении. Некоторые виды дефектов могут быть выявлены только в ходе такой съёмки (рис. 7).

Для выявления дефекта необходимо обеспечить экспозицию обследуемого участка в течение 5 – 10 с. За это время счётчик импульсов прибора сможет получить усреднённый показатель разрядной активности. При постоянной съёмке в движении на скорости 70 – 90 км/ч некоторые источники разрядной активности останутся незамеченными, а на некоторых будут зафиксированы пиковые значения разрядной активности, которые могут на порядок превышать средние значения.

Проблема необходимости оставаться в одной точке во время экспонирования кадра может быть

решена применением мультиrotорного БЛА как носителя камеры.

Однако существуют некоторые аспекты юридической стороны вопроса применения БЛА для обследования ВЛ. По действующему Воздушному кодексу РФ для полёта БЛА необходимо закрывать воздушное пространство для полётов в этой зоне для других воздушных судов. Для этого необходимо за 5 суток до полёта подать заявку на использование воздушного пространства в местный зональный центр.

Выводы

1. Применение БЛА для обследования воздушных линий, особенно в труднодоступных районах при чрезвычайных ситуациях, является одним из лучших средств получения оперативной информации о состоянии линий электропередачи.

2. Технологии построения 3D-моделей позволяют сетевым компаниям анализировать состояние ЛЭП (проводов, опор, просек и т.д.) и принимать правильные управленческие решения.

Список литературы

1. EV. Энерговестник. Использование беспилотных летательных аппаратов в ТЭК [Электронный ресурс]: energovestnik.ru, 22.10.2015.
2. Валиев, А. Эксплуатация беспилотников в электросетевом комплексе России [Текст] / А. Валиев // Электроэнергия. – 2011. – № 6.
3. Инновационные и отраслевые решения с использованием беспилотников (проект СъемкаСВоздуха. РФ) [Электронный ресурс]: <http://съемкасвоздуха.рф>
4. Барбасов, В. К. Мультиrotорные беспилотные летательные аппараты, представленные на российском рынке: обзор [Текст] / В. К. Барбасов, А. В. Гречишев // Инженерные изыскания. – 2014. – № 8. – С. 27 – 31.
5. Барбасов, В. К. Применение малых беспилотных летательных аппаратов для съёмки местности и подготовки геоинформационного контента в чрезвычайных ситуациях [Текст] / В. К. Барбасов, П. Ю. Орлов, П. Р. Руднев, А. В. Гречишев // Интерэкско Гео-Сибирь. – 2013. – Т. 7. – № 2. – С. 61 – 66.
6. Барбасов, В. К. Мультиrotорный БПЛА как средство получения геоинформационного контента в чрезвычайных ситуациях [Текст]: материалы VI Международной конференции “Геоинформационные технологии и космический мониторинг” / В. К. Барбасов, А. В. Гречишев, П. Ю. Орлов, П. Р. Руднев, Е. Л. Левин. – 2013. – С. 234 – 240.