

Возможности диагностики состояния ВЛ с использованием беспилотной авиационной системы Птеро-G0

Использование беспилотных авиационных систем (БАС) в электроэнергетике постепенно находит понимание не только у технических специалистов, но и у менеджмента компаний, принимающего решения о закупках. Из категории модного тренда, за который можно отчитаться перед руководством по затратам на НИР, ОКР и т.д., использование БАС в ближайшее время должно перейти в технологию экономии затрат на эксплуатацию ВЛ.

Амир ВАЛИЕВ,
генеральный директор ООО «АФМ-Серверс»,
президент Ассоциации индустрии беспилотных авиационных систем,
президент НК «Содействие развитию БАС» (формирование СРО)

Российское законодательство даже в настоящий момент позволяет с определёнными затратами полностью легитимно выполнять полёты как по плановым, так и по аварийным осмотрам ВЛ. Идёт активная работа по созданию новых или упрощению существующих норм законодательства, касающихся использования БАС для коммерческой эксплуатации, страхованию эксплуатантов, страхованию ущерба третьим лицам, признанию беспилотных воздушных судов (БВС) как залоговых активов для инструментов лизинга и кредитования и т.д.

Разработчики БАС в России неожиданно оказались не хуже мирового уровня. Небольшие компании в инициативном порядке вложились в разработку достаточно сложных технологий

и создали целый спектр коммерчески успешных БАС и программного обеспечения для их использования. Началась работа по созданию отраслевых решений, позволяющих использовать БАС как технологию получения конечного результата, необходимого в отрасли.

Традиционно развиваются в основном лёгкие БАС (до 10 кг), работающие на аккумуляторах. Они относительно дешёвы, мало подвержены поломкам даже в жёстких условиях эксплуатации. Но у них есть ряд ограничений, влияющих на эффективность применения для протяжённых объектов. Во-первых, они не могут носить оборудование, обладающее необходимыми характеристиками в видимом, ИК- и УФ-диапазонах (масса полезной нагрузки менее 1 кг); во-вторых, время полёта ограничено

Табл. 1. Сравнительные характеристики беспилотных авиационных систем

Летательный аппарат	Geoscan-201	Птеро-G0	Коптер
Стоимость, млн руб.	1,4	4,5	0,5
Стоимость поддержания жизненного цикла 500 полётов, млн руб.	0,2	2	0,25
Средняя продолжительность полёта, час	1,5	8	0,5
Эффективная скорость полёта, км/ч	60	90	—
Протяжённость линейного объекта, км	45	360	1 объект
Количество полётов в день	3	1	5
Количество лётных дней в месяц (1 экипаж)	10 (4)	10 (4)	15 (7)
Протяжённость облёта линейных объектов в месяц, км	1350 (540)	3600 (1440)	75 (35) объектов
Количество месяцев работы	17 (42)	50 (125)	7 (15)
Общий километраж за жизненный цикл, км	22 950	180 000	525 объектов
Стоимость экипажа с накладными расходами, руб./мес.	100 000	200 000	100 000
Стоимость экипажа за жизненный цикл БЛА, млн руб.	1,7 (4,2)	10 (25)	0,7 (1,5)
Общие затраты, млн руб.	3,3 (5,8)	16 (31)	1,45 (2,25)
Удельная себестоимость 1-го полёта, руб.	6600 (11600)	32000 (62000)	2900 (4500)
Удельная себестоимость километра, руб.	144 (253)	89 (172)	2760 (4 285)

получается за полтора-два часа с эффективной скоростью полёта 50—60 км/ч (эффективная скорость учитывает скорость ветра); в третьих, окружные скорости стабилизации по крену и тангажу у этих летательных аппаратов достаточно высоки, что приводит как к смазам изображений, так и к «промахам» кадров мимо цели диагностики.

Компания АФМ-Серверс начала коммерческое использование созданного в инициативном порядке БАС Птеро-Е с аккумуляторным питанием ещё в 2010 году. Было выполнено несколько коммерческих работ на электроэнергетическом рынке. Компания принимала активное участие в учениях по устранению аварий, проводимых в ОАО «МРСК Северо-Запада». Всё это дало понимание, что необходимо развивать БАС с массой полезной нагрузки порядка 5 кг, временем полёта не менее 6 часов и эффективной скоростью полёта не менее 90 км/ч. В итоге в настоящее время создан комплекс Птеро-G0, полностью удовлетворяющий этим характеристикам.

В табл. 1 приведены сравнительные характеристики наиболее совершенного из электрических самолётов Geoscan-20, бензинового Птеро-G0 (табл. 2, рис. 1) и квадрокоптера, который может быть использован при наземном осмотре опор ВЛ.

Из-за новизны и малопонятности технологий большинство заказчиков ожидает от беспилотных технологий две вещи: просмотр видео в реальном режиме времени и фотографирование замеченных дефектов.

Приведённый на рис. 2 фрагмент размером 1000x667 пикселей является частью кадра фотокамеры Nikon D800 с матрицей 7368x4912 пикселей с выдержкой 1/2000 сек, полученного с высоты 100 м. Для примера наложен уменьшенный полный размер

Табл. 2. Характеристики БАС Птеро-G0

Модель БАС	Птеро-G0
Силовая установка	Honda GX35 (4-х тактн.)
Топливо	бензин Аи-95
Автопилот	PteRoBot
Минимальная безопасная высота полёта, м	80
Практический потолок, м	3000
Максимальная высота старта над уровнем моря, м	1300
Крейсерская скорость, км/ч	85—125
Скорость срыва в горизонтальном полёте при массе 20 кг, км/ч	50
Время полёта с полезной нагрузкой 2 кг, ч	до 8
Максимальная прямая техническая дальность полёта, км	до 800
Взлётная масса БАС с полной нагрузкой, кг	21
Масса полезной нагрузки, кг	до 5
Радиус радиосвязи при высоте полёта 500 м (прямая видимость), км	до 75
Область действия канала связи GSM	в зоне покрытия GSM
Область действия спутникового канала связи	без ограничений
Предельная ветровая нагрузка в полёте, м/с	15
Максимальная скорость встречного ветра при старте и посадке, м/с	8
Взлёт	с пневмокатапульты
Посадка	на парашюте
Площадка для взлёта и посадки, ШхД (м)	200x100
Влажность, %	до 98
Диапазон температур, °С	-30 — +40
Метеорологические условия эксплуатации	ПМУ

Рис. 1. Беспилотная авиационная система Птеро-G0



Рис. 2. Фрагмент кадра съёмки опоры ВЛ со сравнительными участками



Рис. 3. Пример съёмки деревьев, согнутых «ледяным дождём» зимой 2010 г. в Подмоскowie



кадра белого цвета с вписанным фрагментом, демонстрирующий его относительные размеры и один из участков фрагмента кадра продублирован в разрешении видео в формате Full-HD (1920x1080) при одинаковом охвате площади кадра. При этом необходимо отметить, что видеосъёмка делается с выдержкой, равной 3/4 частоты кадров, т.е. при частоте съёмки даже 60 Гц это будет 1/80 секунды, поэтому к указанному десемплированию по разрешению необходимо добавить продольное размазывание

каждого пикселя примерно в 5 раз, что приведёт к дополнительному ухудшению разрешения. Также необходимо добавить, что передача HD-видео с высоты полёта 100 м на расстояния больше 10 км практически невозможна.

Снимок сделан при скорости полёта 90 км/ч. Методика, разработанная нами для диагностической съёмки ВЛ, благодаря выбранному наклону оптической оси камеры позволяет фиксировать на кадрах не только горизонтальные, но и вертикальные объекты (см. гирлянду изоляторов). Частота съёмки позволяет зафиксировать каждый объект с разных ракурсов на шести кадрах (с пролётом туда и обратно).

Эту же съёмку можно использовать для определения нарушений габаритов ВЛ (просека, расстояние до подстилающей растительности и т.д.). Для этого методами фотограмметрии необходимо сформировать цифровую модель местности при помощи программы Фотомод, методами стереоизмерений измерить высоту точек подвеса каждого провода и высоту в середине пролёта, выгрузить полученную 3D-модель в ГИС «Панорама», построить профиль провисания проводов и далее проводить любые сечения пространства для 3D-измерений и формирования отчётов о негабаритах. Достигнута относительная точность измерений не хуже 25 см (рис. 3).

Имеется опыт съёмки ВЛ при помощи тепловизора VarioCAM HR Head 600 компании Jenoptick (Германия) (рис. 4).

Практика тепловизионной диагностики подтверждает требования давно разработанных стандартов по тепловизионной диагностике — нагрузка линии должна быть не менее 60%.

При помощи тепловизионной съёмки также можно сформировать растровую подложку с привязкой к координатам (рис. 5).

Наша компания единственная в мире обладает уникальной технологией ночной съёмки с малых высот при помощи фотовспышки, применяемой для задач быстрого поиска места аварии (рис. 6).

Этот снимок сделан в 2010 году с высоты 120 метров в час ночи.

Накопление данных с целью диагностики развивающихся дефектов (таких как наклон опор ВЛ, ослабление тросовых растяжек и т.д.), требует хранения полученных данных в геоинформационных

Рис. 4. Кадр тепловизионной съёмки. Снимок ночью с высоты 280 м. Размер пикселя изображения на земле 30 см

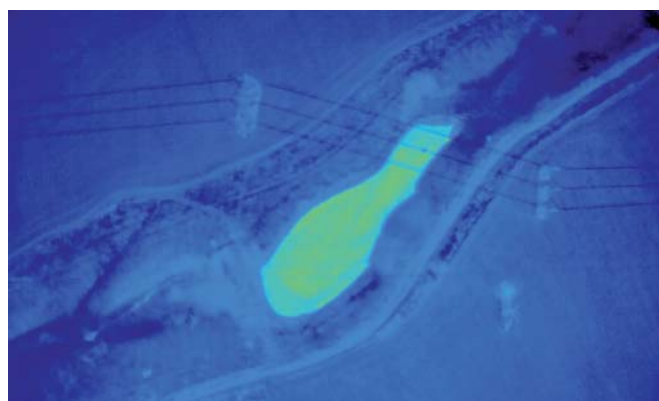
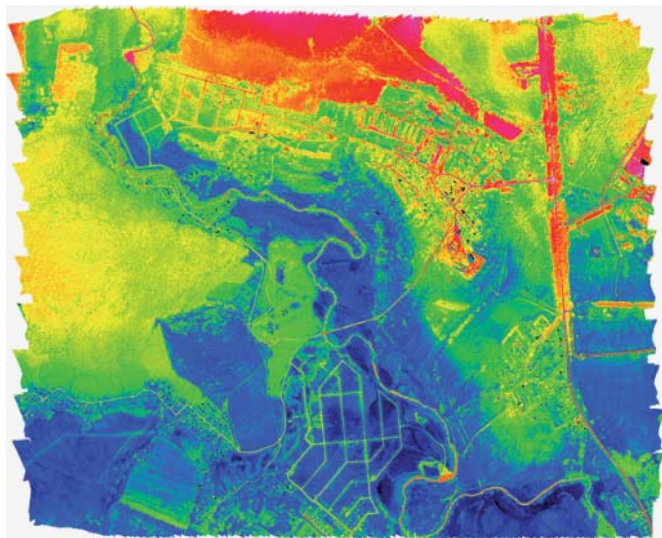


Рис. 5. Ортофотоплан полигона МИИГАиК в Тульской области. Высота съёмки 300 м. Размер пикселя на земле 35 см



системах (ГИС), позволяющих проводить не только пространственные измерения, но и предупреждать развивающиеся дефекты (например отечественный программный продукт — ГИС «Панорама» или ArcGIS — практически общепринятый стандарт ГИС-систем зарубежного производства) (рис. 7).

Такое программное обеспечение в компаниях электроэнергетики, как правило, отсутствует или используется фрагментарно. Первоначальные расходы на приобретение и внедрение ГИС достаточно большие. Расходы на обработку полученных данных и их последующий анализ в ГИС могут существенно превышать расходы на проведение полётов БАС. Общие расходы на всю технологическую цепочку анализа данных, получаемых с БАС, несмотря на кажущееся увеличение по сравнению с наземными видами осмотра, дают существенную экономию в расходах на поддержание работоспособности из-за уменьшения перерасходов на закупку и своевременного обнаружения и предупреждения возникновения аварийных ситуаций. При внедрении ГИС также встают задачи интеграции ГИС-систем с уже используемыми информационными системами производственного и экономического учёта и отчётности, что несколько не облегчает задачу. Т.е. в процесс постепенно должны быть вовлечены компании, предоставляющие услуги системной интеграции. Конечно, нельзя всё сделать сразу, и начинать нужно с простых задач. Но при этом сразу задумываться о дальнейшем развитии всей технологической цепочки анализа состояния ВЛ — от съёмки до планирования затрат по поддержанию их технического состояния.

Опыт обработки данных при помощи программных продуктов компании «Ракурс» и «Панорама» позволяет построить непрерывную цепочку обработки данных, от пространственных измерений до хранения и анализа полученных данных в полноценной ГИС (рис. 8).

Мало кто задумывается о необходимости анализа и обработки данных, позволяющих делать отчёты, формирующие расходные статьи бюджета и планы

Рис. 6. Тестовая съёмка ВЛ в ночное время с помощью фотовспышки в целях отработки поиска мест аварии. Высота 120 м, время съёмки 00.35, 2010 г.



Рис. 7. Примеры дефектов, обнаруживаемых при помощи воздушного осмотра с БАС

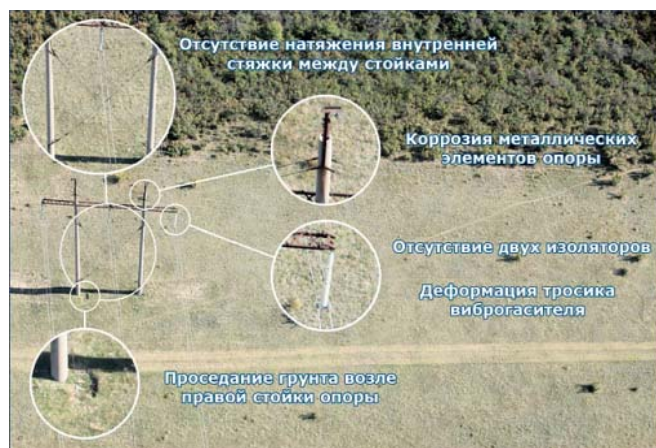
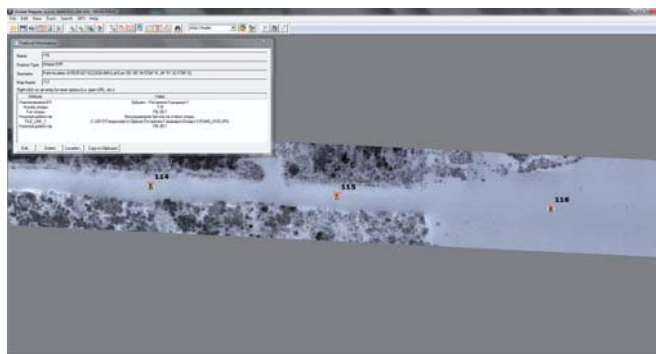


Рис. 8. Пример формирования НСИ (нормативно справочной информации) в среде простой ГИС «Global Mapper»



закупок ТМЦ и услуг по поддержанию работоспособности ВЛ (текущие и капитальные ремонты) в разрезе объектов инженерной инфраструктуры и бизнес-процессов ToIP (техобслуживания и ремонтов). В багаже компании кроме беспилотного направления полностью представлен весь спектр экономического и производственного учёта на базе программных комплексов 1С, позволяющий как интегрировать задачи диагностики ВЛ с уже существующими решениями, так и внедрять новые комплексные решения для компаний электроэнергетики — www.a4m.ru.