

# ОБСЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП. ТЕХНОЛОГИЯ «ГЕОСКАН»

**В.К. Барбасов** («СЪЕМКА С ВОЗДУХА»)

В 2014 г. окончил факультет картографии и геоинформатики МИИГАиК по направлению «картография и геоинформатика». После окончания университета работает в ООО «СЪЕМКА С ВОЗДУХА», в настоящее время — руководитель инновационных проектов.

**А.А. Разумовский** («Геоскан», Санкт-Петербург)

В 2004 г. окончил Санкт-Петербургский государственный университет. С 2011 г. работал в ООО «Инвест-Строй». С 2016 г. работает в ООО «Геоскан», в настоящее время — менеджер по маркетингу.

В публикациях в сети Интернет и ряде печатных изданий описываются беспилотные авиационные системы (БАС), разработанные в России, а также их возможности для решения различных прикладных задач, в частности, для мониторинга состояния воздушных линий электропередачи (ЛЭП) [1–3]. Сравнительный анализ временных и финансовых затрат при проведении обследования ЛЭП наземными методами и с воздуха с помощью БАС позволяет значительно снизить время и риски при выполнении полевых работ, отмечается в [4].

Группой компаний «Геоскан» в рамках проекта «Мониторинг ЛЭП» предлагается инновационная технология воздушного обследования высоковольтных линий электропередачи с применением беспилотных авиационных систем и программного обеспечения собственной разработки. Ноу-хау данного решения заключается в получении точного положения проводов ЛЭП, построении трехмерной модели линий электропередачи и просек в границах охранной зоны по данным аэрофотосъемки с помощью БАС [5].

Основные этапы технологии «Геоскан» включают: аэрофотосъемку, обработку, визуализацию и анализ полученных данных, а также осмотр отдельных

опор с помощью БАС мультироторного типа. Рассмотрим каждый этап более подробно.

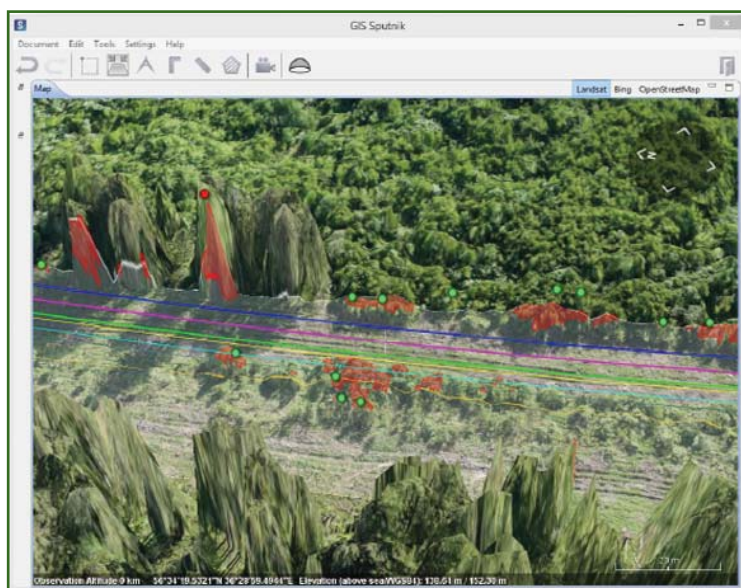
## ▼ Аэрофотосъемка

Воздушное фотографирование линейных участков ЛЭП проводится с помощью БАС самолетного типа Геоскан 201 в автоматическом режиме по координатам опор и параметрам коридора съемки, предоставляемым заказчиком работ.

В период проведения аэрофотосъемочных работ фиксируются и заносятся в журнал такие показатели как температура воздуха, скорость ветра и токо-

вое напряжение в сети (данную информацию предоставляет заказчик), что напрямую влияет на полученный результат при моделировании положения проводов.

Полет БАС осуществляется в четыре пролета вдоль линии электропередачи с перекрытием в 80%. При этом каждая точка на снимке имеет 12-кратное перекрытие. Для увеличения скорости работ можно использовать сразу две БАС самолетного типа, запуская их навстречу друг другу с противоположных концов снимаемого участка вдоль линии электропередачи. Циф-



**Рис. 1**  
Определение пространственного положения проводов по материалам аэрофотосъемки

ровая камера в БАС Геоскан 201 располагается под небольшим углом (назад — относительно направления полета и в бок — под углом 10–20° в сторону ЛЭП). Такое расположение камеры позволяет выполнить аэрофотосъемку опор ЛЭП с разных ракурсов, предоставляя больше информации об объекте, чем при расположении камеры в надир, и построить более качественную цифровую трехмерную (3D) модель.

Камера БАС Геоскан 201 обеспечивает получение цифровых аэроснимков с пространственным разрешением не хуже 5 см на один пиксель в формате JPEG.

▼ **Обработка**

В результате аэрофотосъемки создается большой объем информации, которую сложно анализировать при визуальном просмотре отдельных снимков. Для этих целей разработана ГИС «Спутник ЛЭП», позволяющая визуализировать цифровые данные о линиях электропередачи и проводить измерения по трехмерной модели ЛЭП.

Полученные снимки загружаются в ГИС «Спутник ЛЭП». По команде оператора подключается ПО Agisoft PhotoScan Pro, которое в автоматическом режиме выполняет фотограмметрическую обработку данных: «сшивку» отдельных снимков, создание ортофотоплана в формате KMZ (с точностью в плане не хуже 15 см) и построение цифровой модели местности (ЦММ) в формате TIF (с точностью по высоте не хуже 15 см).

С помощью специального программного обеспечения определяется пространственное положение проводов с точностью в плане 10–15 см (рис. 1) и создается 3D модель ЛЭП в формате KML, которую можно просмотреть в ГИС «Спутник ЛЭП» и выполнить необходимые измерения (рис. 2).

Ортофотоплан и цифровая модель местности в полосе аэ-



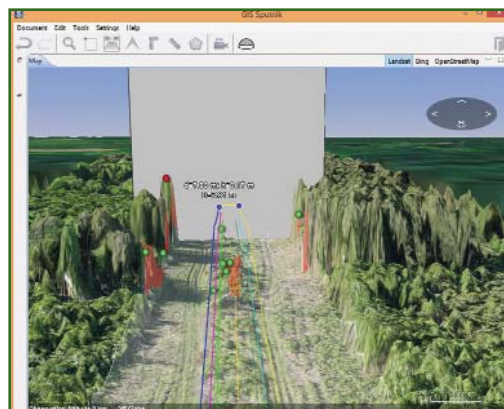
**Рис. 2**  
*Отображение 3D модели воздушной ЛЭП*

рофотосъемки (шириной до 200 м) сохраняются в ГИС «Спутник ЛЭП» и используются для анализа и оценки фактического состояния ЛЭП.

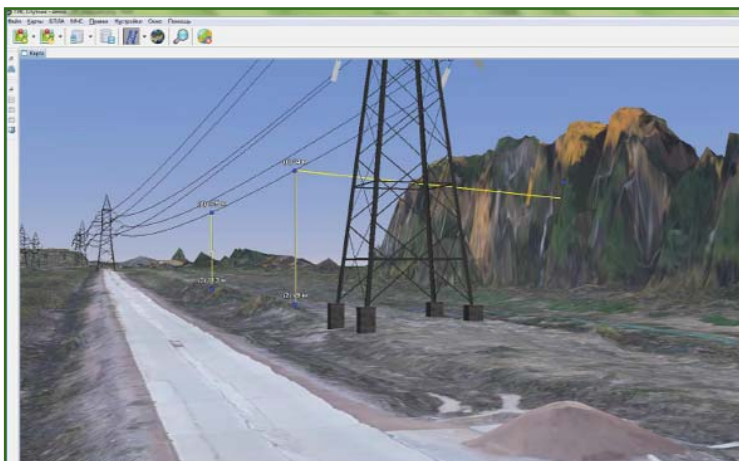
▼ **Визуализация и анализ фактического состояния ЛЭП**

Полученные по технологии «Геоскан» и сохраненные в ГИС «Спутник ЛЭП» данные доступны для просмотра и позволяют получить следующую информацию о фактическом состоянии ЛЭП:

- геодезические координаты всех опор линии электропередачи;
- расстояние между опорами;
- высоту каждой опоры над уровнем моря (в метрах);

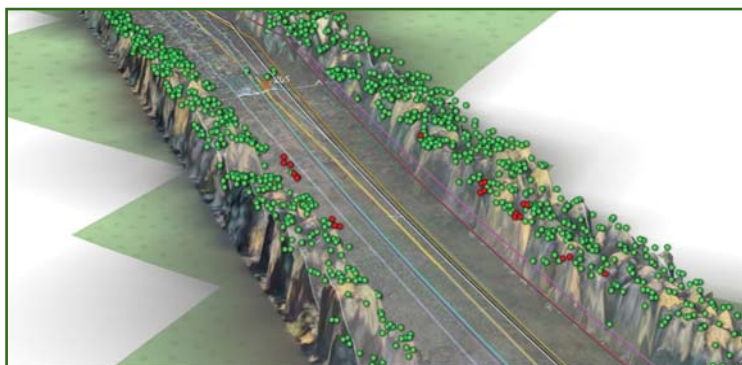


**Рис. 3**  
*Определение площади территории, покрытой лесной растительностью*



**Рис. 4**  
*Определение стрелы провиса проводов между опорами ЛЭП*





**Рис. 5**

*Деревья, угрожающие падением на провода ЛЭП (обозначены точками красного цвета)*

- общую длину ЛЭП;
  - площадь территории вдоль ЛЭП, покрытой лесной растительностью (рис. 3);
  - наиболее пригодные для подъезда (подхода) к ЛЭП пути и дороги;
  - количество деревьев и их диаметр, объем деловой древесины для каждого пролета и для всей ЛЭП;
  - максимальную высоту дикорастущих растений под проводом, высоту основного лесного массива;
  - места подтопления, заболочивания ЛЭП и др.
- Отдельно следует отметить возможность определения пространственного положения проводов в охранной зоне:
- стрелы провиса и габариты в каждом пролете ЛЭП (рис. 4);
  - расстояние до объектов в охранной зоне;
  - расстояние от провода до земли в любом месте пролета;
  - минимальные расстояния от нижних фазных проводов до земли;
  - расстояние между крайними проводами;
  - число и расположение деревьев, угрожающих падением на провода ЛЭП (рис. 5).

▼ **Осмотр состояния опор ЛЭП при помощи БАС мультиторного типа**

В ГИС «Спутник ЛЭП» можно просмотреть отдельные опоры ЛЭП и принять решение о необ-

ходимости проведения их облета, верхового осмотра и фотосъемки при помощи БАС мультиторного типа Геоскан 401. Полученные в результате облета материалы позволяют без использования гидравлических подъемников и отключения потребителей объективно оценить состояние опоры и обнаружить следующие дефекты и неисправности [4]:

- наклон опоры вдоль или поперек направления ЛЭП, деформации и коррозию отдельных частей опоры;
- наличие дефектных (непригодных) изоляторов и механических повреждений;
- наличие набросов проводов;
- отсутствие деталей на металлических опорах;
- наличие локальных перегревов изоляции (при использовании тепловизионной камеры);

- вспучивание верхнего повива — «фонарь», «барашек»;
- недокрученные гайки на болтах траверсы и оттяжки;
- повреждение провода, грозотроса (расплетение, обрыв проволок) и т. п.

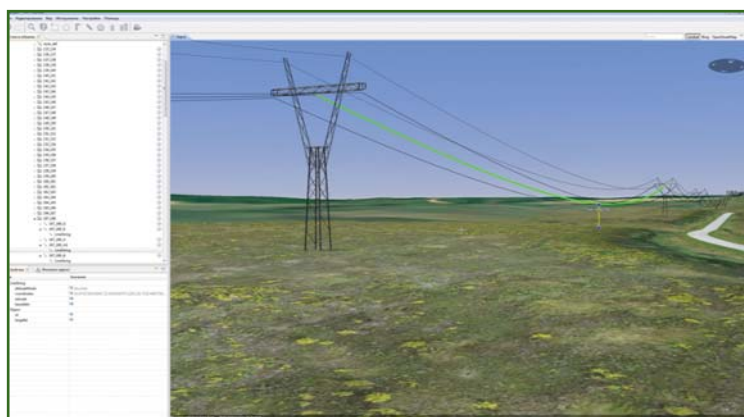
По результатам верхового осмотра Геоскан 401 составляется карточка осмотра опор ЛЭП в формате PTL или XML.

Технология «Геоскан» предусматривает передачу потенциальному заказчику следующих материалов:

- отчет с возможностью его экспорта в формате XLS;
- метрические характеристики с привязкой к цифровой модели местности;
- ГИС «Спутник ЛЭП» с загруженными результатами обследования фактического состояния ЛЭП.

▼ **Экспериментальная проверка технологии «Геоскан»**

В 2016 г., используя технологию «Геоскан», были выполнены работы по мониторингу воздушных ЛЭП протяженностью 4206 км в европейской части России, в которых задействовали несколько бригад. При проведении полевых работ было совершено почти 200 полетов за 37 полетных дней. В результате аэрофотосъемки получили около 1 млн снимков, при этом общий объем информации составил около 10 Тбайт.



**Рис. 6**

*3D модель воздушной ЛЭП*

По этим данным для обследованных ЛЭП были построены 3D модели (рис. 6) и в автоматическом режиме подготовлены таблицы с исходными данными для расчета предельных токовых нагрузок и характеристиками, необходимыми для расширения просек.

Полученные материалы были необходимы, в первую очередь, для оценки безопасности функционирования и эксплуатации высоковольтной ЛЭП и соблюдения требований, предъявляемых к земельным участкам, расположенным в границах охранной зоны ЛЭП, согласно Постановлению Правительства РФ от 24 февраля 2009 г. № 160 [6]. Отметим некоторые требования, приведенные в этом документе. В охранной зоне ЛЭП запрещено:

- проводить строительство, капитальный ремонт, снос любых зданий и сооружений;

- осуществлять всякого рода горные, взрывные, мелиоративные работы, посадку деревьев, полив сельскохозяйственных культур;

- размещать автозаправочные станции;

- загромождать подъезды и подходы к опорам воздушных ЛЭП;

- устраивать свалки снега, мусора и грунта;

- складировать корма, удобрения, солому, разводить огонь;

- устраивать спортивные площадки, стадионы, остановки транспорта, проводить любые мероприятия, связанные с большим скоплением людей, и др.

Согласно [6], для воздушных ЛЭП мощностью 220 кВ минимальное расстояние для санитарно-защитных зон составляет 25 м в обе стороны от крайних проводов. Несмотря на то, что для строительства в охранной зоне ЛЭП требуется получение разрешения в электросетевых организациях, это правило далеко не всегда выполняется. Результаты мониторинга по технологии «Геоскан» позволяют выя-



Рис. 7

Постройки в охранной зоне ЛЭП, обнаруженные на одном из участков

вить эти нарушения, что было подтверждено при выполнении экспериментальных работ (рис. 7).

Кроме того, на выбранном участке протяженностью 61 км было выявлено 1320 деревьев, угрожающих падением на провода, а общая площадь, подлежащая расширению в пределах охранной зоны, составила 37,7 га.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что при помощи БАС самолетного типа Геоскан 201 можно выполнить аэрофото съемку ЛЭП протяженностью до 100 км за один день. Дистанционный метод обследования линий электропередачи заметно быстрее и дешевле и предполагает значительно меньшие риски, чем при использовании полевых методов.

В заключение следует отметить, что технология «Геоскан» может заменить трудозатратные наземные полевые работы за счет сбора и обработки информации о фактическом состоянии ЛЭП в автоматическом режиме. Таким образом, у специалистов электросетевых компаний появляется возможность анализировать по трехмерной модели ЛЭП состояние проводов, опор, просек и т. д. и принимать правильные управленческие решения,

основываясь на точных данных, а не на субъективном мнении сотрудуника, осматривающего ЛЭП.

#### ▼ Список литературы

1. Компания «СЪЕМКА С ВОЗДУХА». — <http://съемкасвоздуха.рф>.
2. Барбасов В.К., Руднев П.Р., Орлов П.Ю., Гречищев А.В. Применение малых беспилотных летательных аппаратов для съемки местности и подготовки геоинформационного контента в чрезвычайных ситуациях. Сборник материалов. Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». — Новосибирск: СГА, 2013. — Т. 2. — С. 158–163.
3. Барбасов В.К., Гречищев А.В. Мультироторные беспилотные летательные аппараты, представленные на российском рынке: обзор // Инженерные изыскания. — 2014. — № 8. — С. 27–31.
4. Барбасов В.К. Возможности применения беспилотных авиационных систем для мониторинга воздушных ЛЭП // Геопрофи. — 2017. — № 1. — С. 20–24.
5. ГК «Геоскан». — [www.geoscan.aero](http://www.geoscan.aero).
6. Постановление Правительства РФ от 24 февраля 2009 г. № 160 «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон» (с изменениями и дополнениями).