

# СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПОДСТАНЦИИ МЕТОДОМ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

**А.А. Ковров («ГеоПолигон»)**

В 1995 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». После окончания института работал в МИИГАиК, с 2004 г. — в компании «Геокосмос». С 2005 г. по настоящее время — инженер по наземному лазерному сканированию компании «ГеоПолигон».

На территории реконструируемой электроподстанции «Калининская ОРУ-330кВ» в Тверской области было необходимо выполнить крупномасштабную съемку в масштабе 1:500 с определением точных размеров порталов линий электропередач. В последующем, по результатам съемки планировалось создать трехмерную геометрическую модель каждой опоры и портала

подстанции. Общая площадь участка съемки составляла около 4 га.

Применение классических методов топографической съемки с использованием электронных тахеометров дополнительно потребовало бы участия опытных специалистов, в первую очередь, для определения размеров и характеристик опор, порталов и других конструктивных элементов линий электропередач. Кроме того, на территории подстанции велись строительные-монтажные работы по демонтажу старого оборудования и опор электропередач (рис. 1). По предварительным оценкам время, необходимое на выполнение только полевых работ, могло составить несколько недель. Следует также отметить, что в соответствии с техникой безопасности, длительное нахождение персонала в районе токонесущих линий электропередач с силой тока порядка 20 кА и напряжением в несколько десятков киловольт недопустимо.

Поэтому руководством компании «ГеоПолигон» было принято решение выполнить основной комплекс работ с помощью наземного лазерного сканера Riegl LMS Z-420i, оснащенного цифровой камерой

высокого разрешения Nikon D100. Особенностью данного прибора является то, что управление сканером и фотокамерой может выполнять один оператор с помощью специализированного программного обеспечения Riegl Riscan Pro, установленного на полевом компьютере (типа Getac или Dolch). Следует отметить, что со сканером Riegl LMS Z420i можно выполнять работы как с использованием цифровой камеры, так и без нее. Сканер позволяет выполнять измерение точек местности со скоростью до 12 тыс. точек в 1 с. При этом точность определения пространственных координат при максимальной дальности до измеряемых объектов 1000 м составляет 5 мм. Согласно техническим характеристикам, сканер приспособлен для работы в неблагоприятных внешних условиях. Во время полевых работ на электроподстанции, когда измерения приходилось выполнять в условиях частой смены метеоусловий (дождь, повышенная влажность), а также не прекращающихся строительных работ (пыль, вибрация, перемещающиеся механизмы и т. п.), сканер и компьютер с программным обеспечением продемон-



**Рис. 1**

Общий вид электроподстанции «Калининская ОРУ-330кВ»



**Рис. 2**  
Riegl LMS Z-420i с цифровой камерой Nikon D100 на объекте

стрировали надежность и устойчивость в работе (рис. 2).

Технология проведения данного вида работ включала создание съемочного обоснования с применением электронного тахеометра, при помощи которого были получены координаты пяти пунктов обоснования (рис. 3). С этих пунктов было проведено сканирование 105 скан-позиций. Среднее число измерений с каждой скан-позиции равнялось примерно 8 млн точек.

Для объединения точек, полученных с каждой скан-позиции, в единую систему координат использовались координаты цилиндрических отражателей-марок Riegl, укрепляемых на вешках. Перед сканированием вешки с отражателями-марками расставлялись на небольшом удалении от точки стояния сканера (не более 25–30 м). С помощью электронного тахеометра с пунктов съемочного обоснования определялись пространственные координаты отражателей-марок в местной системе координат. В процессе сканирования отражатели-марки отображались на сканах. Необходимо отметить, что способ объединения ска-

нов по маркам является наиболее точным, так как марки надежно координируются при помощи тахеометра, и при этом осуществляется их взаимный контроль с разных пунктов съемочного обоснования. При проведении сканирования также осуществлялся взаимный контроль по маркам соседних сканов. Комплекс полевых работ был выполнен сотрудниками компаний «Геокосмос» и «ГеоПолигон» за 8 дней. Полевая бригада состояла из трех человек.

После выполнения комплекса полевых работ проводилась первичная камеральная обработка, которая включала:

- оценку точности координат пунктов съемочного обоснования и координат марок-отражателей;
- объединение сканов в единую систему координат (создание «облака точек»);
- контроль качества объединения сканов в «облако точек»;
- «раскрашивание» «облака точек»;
- разрежение и экспорт «облака точек» в AutoCAD с помощью утилиты «Geokosmos»;

- оценку точности «облака точек» по базисным пунктам и пунктам съемочного обоснования;

- построение векторной трехмерной модели подстанции в AutoCAD с помощью программы Kubit PointCloud.

Подробнее остановимся на некоторых этапах первичной камеральной обработки результатов сканирования.

Для увеличения наглядности отображаемых «сырых» данных в программе Riscan Pro, и для облегчения процесса дешифрирования объектов, опционно используются данные цифровой камеры высокого разрешения, которые дают возможность «раскрасить» полученные сканы (рис. 4). Процедура превращения одноцветных сканов в цветные осуществляется программой Riscan Pro при помощи наложения каналов истинного цвета RGB на каждую точку скана. При этом возрастает объем «сырых» данных, что предполагает достаточно интенсивное использование аппаратной части ком-



**Рис. 3**  
Определение координат пунктов



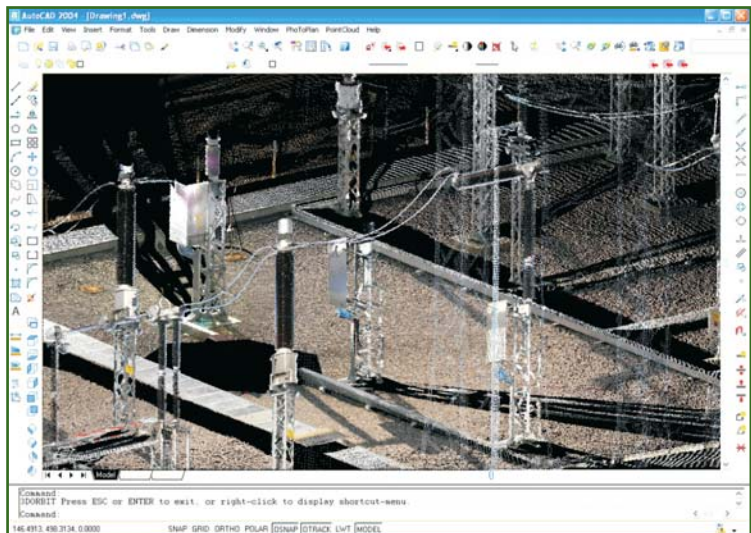
**Рис. 4**  
Фрагмент цветного «облака точек» в программе Riscan Pro

пьютера. В процессе обработки ни разу не возникло проблем по регенерации облаков точек, состоящих из миллионов точек (в том числе окрашенных в truecolor), что обычно характерно для программ типа AutoCAD.

При экспорте значительного массива данных в AutoCAD (в данном случае цветного «облака точек») часто возникали проблемы работы с этими данными и построения векторной модели на их основе. В связи с этим специалисты компании «Геокосмос» разработали утилиту «Geokosmos» под AutoCAD, которая позволяет существенно упростить этот процесс (рис. 5).

Программа Kubit PointCloud специально предназначена для работы с «облаками точек» лазерного сканирования, в ней имеются функции Riscan Pro для прямого импорта нескольких проектов. В процессе работы этой программы «облако точек» преобразуется в так называемую прокси-графику, что в несколько раз ускоряет работу. Встроенные функции Riscan Pro позволяют осуществлять:

- объединение сканов;
- окрашивание «облаков точек» в истинный цвет;



**Рис. 5**  
Фрагмент цветного «облака точек» в программе AutoCAD

- создание триангулированных поверхностей (TIN);
- выделение участка «облака точек» и работы в дальнейшем только с ним;
- определение расстояний по «облаку точек»;
- вычисление объемов;
- создание различных объектов — примитивов (полилиний, сфер и т. д.);
- экспорт в различные форматы (ASCII, ASC, 3PF, DXF, 3DD).

Таким образом, реализованная методика крупномасштаб-

ной съемки электроподстанции с помощью наземной лазерной сканирующей системы позволила:

- выполнить топографическую съемку в масштабе 1:500, одновременно создав трехмерную модель подстанции, имеющую большой объем данных для решения широкого круга проектных и эксплуатационных задач;

- повысить производительность и точность полевых работ, обеспечив при этом их безопасность;

- упростить и автоматизировать обработку комплекса камеральных работ.

#### **RESUME**

A technology of imaging the being reconstructed electrical substation ORU-330kV on a scale of 1:500 is described. This approach involves the Riegl LMS Z-420i laser scanner together with the Nikon D100 digital camera. It is marked that the ground laser scanner usage provides for a team of three persons to fulfill a full complex of field works within eight days. A plan on a scale of 1:500 together with the 3D model of the substation have been compiled based on the survey data.