

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕХМЕРНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ НПП «ГЕОКОСМОС»

С.Р. Мельников, директор НПП «Геокосмос»

О.В. Дроздов, директор по маркетингу НПП «Геокосмос»

Р.В. Подопринин, начальник информационно-аналитического отдела НПП «Геокосмос»

А.В. Григорьев, ведущий программист НПП «Геокосмос»

Как уже упоминалось в предыдущих статьях («Нефтяное хозяйство», №6, 2001 - №2, 2002), одной из основных особенностей лазерных сканирующих систем является избыточность получаемой информации. Это позволяет не только выполнить корректные построения, но полномасштабно и достоверно оценить точность построенных моделей как отдельных взятых элементов, так и их совокупности. При съемки промышленных комплексов традиционными способами из-за сложности объектов и их загруженности исполнитель может пропустить некоторые технологически важные элементы ситуации или не придать соответствующего значения некоторым, на его взгляд, не важным элементам окружающей обстановки, что в дальнейшем может привести к неполному, а иногда и к недостоверному отражению действительности. При выполнении работ сканирующими системами подобная ситуация исключается так как при обработке данных у оператора есть [возможность увидеть сцену съемки собственными глазами](#) и уточнить отображения того или иного элемента.

В некоторых случаях в поле достаточно трудно получить характеристики некоторых объектов, например провисание коммуникаций, диаметры труб и места смены диаметров труб на эстакадах, линейные размеры объектов, не говоря уже об объектах, имеющих сложные сплайновые поверхности (Рис. 1) – такие объекты при трехмерном моделировании часто построить просто невозможно, используя традиционные технологии.

По данным сканирования эти вопросы решаются точно и однозначно, особенно учитывая то, что все материалы съемок находятся в едином трехмерном координатном поле, взаимное положение моделей объектов определяется с высокой точностью. Точность построения отдельных элементов модели и точность их взаимного положения определяются в основном точностью сканирующей системы.

Кроме того, избыточность получаемых данных позволяет использовать их для решения перспективных ранее не запланированных задач без дополнительных съемочных работ на объекте. Например, при съемке технологического оборудования цеха с целью построения его модели в поле зрения сканирующей системы попадают и конструктивные элементы здания. При необходимости в перспективе по полученным данным можно моделировать и несущие конструкции здания цеха и т.п.

Следует отметить также, что по «сырым» данным лазерного сканиро-

вания, которые представляются в виде облака точек, не всегда необходимо построение моделей. В ряде случаев (например, для проведения измерений) достаточно использовать облака точек лазерных отражений, трансформированные в некую общую систему координат. Учитывая то, что современные системы фиксируют истинный цвет и интенсивность отражения для каждой точки, облака точек легко читаются и дешифрируются, что позволяет легко выделить интересующий конструктивный элемент и выполнить над ним различные манипуляции (измерения и т.п.) (Рис. 2).

Развитие технологий безотражательных измерений, а также неоспоримые преимущества сканирующих систем такие как скорость, точность, достоверность и полнота получаемой информации, привело к тому, что и в безотражательных электронных тахеометрах появляются раз-

личные режимы сканирования. Примером служит один из передовых приборов компании Trimble – безотражательный роботизированный электронный тахеометр Trimble 5605 DR 200+.

Для демонстрации возможностей приборов подобного класса и точности получаемых данных в конце статьи приводятся наглядные расчеты параметров трубы, по небольшому набору данных полученных роботизированным электронным тахеометром Trimble 5605 DR 200+.

Данный подход можно использовать при исполнительной съемке для оценки точности строительства сооружений сложной конфигурации (например, различных претенциозных сооружений). В этом случае строят модели по проектным данным, а затем вписывают ее в облака точек, являющихся результатами лазерного сканирования. В дальнейшем можно легко оценить точность исполнения строительных работ и выявить отклонения от проекта.

**Некоторые производственные проекты, выполненные НПП «Геокосмос» за последние полгода с использованием трехмерных лазерных сканирующих систем.**

НПП «Геокосмос» является первой и на сегодняшний день единственной в России организацией, располагающей трехмерным наземным лазерным сканером и выполняющей производственные работы с его использованием. Комплекс выполняемых работ включает не только съемку местности, инженерных сооружений и т.п., но и полный спектр работ по трехмерному моделированию, построению карт и планов по результатам лазерного сканирования. Кроме того, НПП «Геокосмос»

осуществляет поставку и сопровождение технологий, основанных на применении новейших лазерных сканирующих и адаптированных для нужд конкретного заказчика систем.

За последний год специалистами НПП «Геокосмос» накоплен богатый опыт использования лазерных сканирующих систем для решения широкого спектра задач. Приведем несколько наиболее интересных, на наш

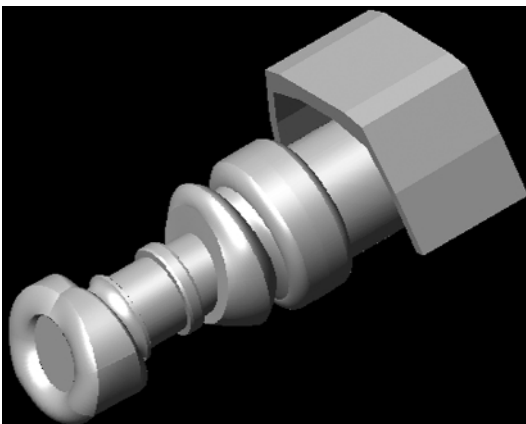


Рис. 1. Сложный объект, представленный совокупностью поверхностей Кунса.

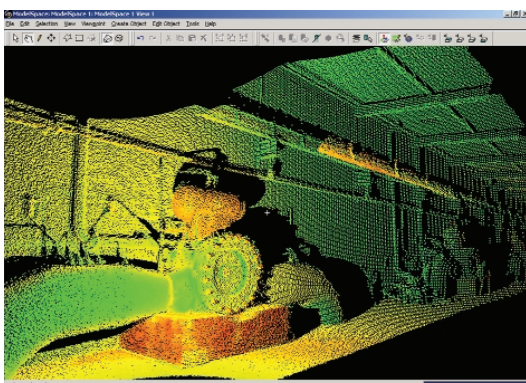


Рис. 2. Фрагмент галереи нагнетателей КС, представленный в виде трехмерного облака точек с градацией по коэффициенту отражения

взгляд, конкретных примеров с указанием сроков исполнения и точностных характеристик. Все работы были выполнены с использованием лазерной сканирующей системы Riegl LMS Z-210.

**Трехмерное лазерное сканирование и построение модели технологического оборудования компрессорного цеха компрессорной станции КСВ (Туртасская) Сургутгазпрома.**

Заказчик работ - ООО «Газтранзит».

Работы проводились внутри цехового помещения размером 190X26X15 м.

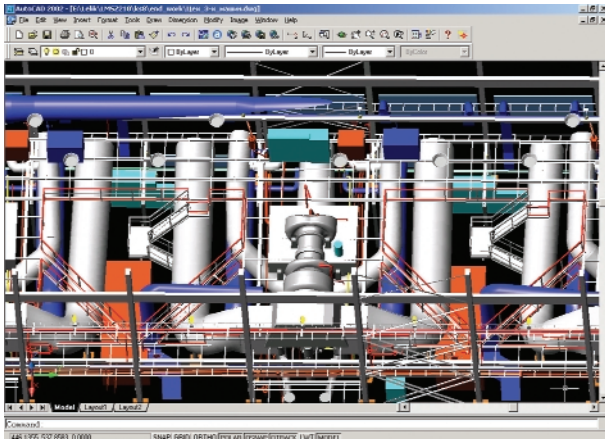


Рис.3.

Основной целью данной работы являлось построение трехмерной модели технологического оборудования и конструктивных элементов здания внутри цехового помещения по результатам наземного трехмерного лазерного сканирования. При съемке и построении модели необходимо было отразить все элементы, размеры которых превышают 5 см. Данная работа подразумевает использование результатов (трехмерной модели и построенных по ней планов) как исполнительной съемки и основы для проектирования модернизации и замены технологического оборудования цеха. Одним из положительных моментов является наличие на модели полностью трехмерной технологической схемы цеха.

Работы по рекогносцировке, созданию съемочного обоснования и сканирование (168 сканов) – 3,5 недели.

Построение трехмерной модели – 3,8 недели.

Точность взаимного положения элементов модели – не грубее 3-5 см.

Работы осложнялись сильными вибрациями и высокими температурами некоторых снимаемых поверхностей. Благодаря использованию уникальных алгоритмов, разработанных специалистами НПП «Геокосмос», удалось максимально снизить влияние вибраций и конвекционных потоков на результаты измерений при постобработке.

**Сканирование и построение модели сепараторной ДНС-2 Западно-Сургутского месторождения.**

Данная работа выполнялась с целью оценки эффективности использования лазерных сканирующих систем при съемке и построении трехмерных моделей сооружений подобного типа.

Инициатором проведения подобного проекта выступил отдел геоинформационных систем СургутНИПИнефть ОАО «Сургутнефтегаз». Некоторые из проектных работ в предприятии СургутНИПИнефть ведутся в трехмерном представлении. Это позволяет рассматривать лазерные сканирующие системы как уникальный инструмент для проведения исполнительных съемок, дающий наиболее полное и точное представление о конструктивных и технологиче-

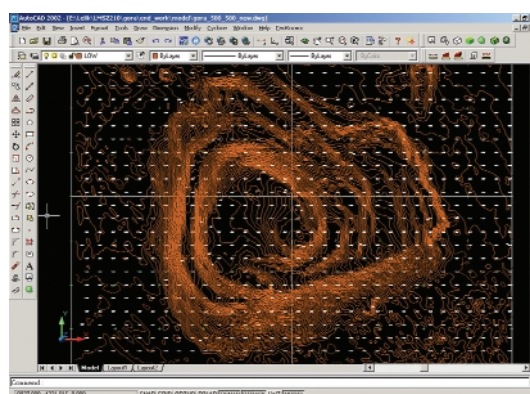


Рис.5.

ских элементах объекта. Кроме того, даже по необработанным данным лазерного сканирования в виде облаков точек можно автоматизировано выявить отклонения от проекта в процессе строительства и монтажа сложных конструкций в реальном масштабе времени. Для построения модели по данным лазерного сканирования возможно использование заранее заготовленной базы данных конструктивных и технологических элементов, что позволит существенно сократить время моделирования.

Модель технологического оборудования ДНС можно также использовать как основу для создания систем мониторинга и управления технологическим процессом, осуществить привязку атрибутивных данных и выполнять различные расчетные задачи. Учитывая полноту и точность, представляется целесообразным использовать результаты лазерного сканирования и построенные по ним модели как основу для планирования реконструкции и капитального строительства. Выполнить подобную съемку традиционными методами практически невозможно.



Рис.4.

Работы по рекогносцировке, созданию съемочного обоснования и сканирование (9 сканов) – 1 день.

Построение трехмерной модели – 2 недели.

Точность взаимного положения элементов модели – не грубее 3-5 см.

**Трехмерное лазерное сканирование, построение модели рельефа и топографического плана горнолыжного спуска.**

Заказчик работ - Мосгоргеотрест.

Работы проводились на площади 25 га. Целью данной работы было построение модели рельефа и топографического плана, а также вычисление объемов земляных работ.

Работы по рекогносцировке, созданию съемочного обоснования и сканирование (20 сканов) – 4 дня.

Построение трехмерной модели и топографического плана – 4 дня.

Работы осложнялись атмосферными осадками (снегопадом), которые являлись помехой для сканирующей системы. Использование уникальных

алгоритмов фильтрации помех позволило очистить облако точек от «паразитных» отражений и выполнить корректные построения модели. Кроме того, автоматически и интерактивно они были удалены со сканов машин и механизмов, расположенных в зоне съемки.

**Сканирование городской застроенной территории для проектирования линейных сооружений.**

Заказчик работ - Проекттрансстрой.

Работы проводились в услови-

ях застроенной городской территории с целью проведения линейных измерений между объектами сцены сканирования, в частности, определение высот крепления воздушных коммуникаций над землей. Для решения данной задачи не было необходимости выполнять построение модели по данным лазерного сканирования. Все измерения были выполнены непосредственно в поле по "сырым" данным, представленным в виде облака точек лазерных отражений.

Работы по рекогносцировке, созданию съемочного обоснования и сканирование (6 сканов) – 1 день.

Выполнение измерений по точечной модели – непосредственно в поле в процессе сканирования.

Точность производимых измерений – не грубее 2 см.

Приведенный выше краткий обзор производственных проектов, выполненных компанией «Геокосмос», иллюстрирует богатые возможности применения технологии трехмерного лазерного сканирования при решении широкого спектра задач от стадии изысканий до исполнительных съемок и мониторинга действующих объектов.

Учитывая стремительное развитие и те дополнительные возможности, которые представляют подобные технологии, можно с уверенностью считать, что в самое ближайшее время они займут приоритетное место при съемках и моделировании местности и инженерных сооружений.

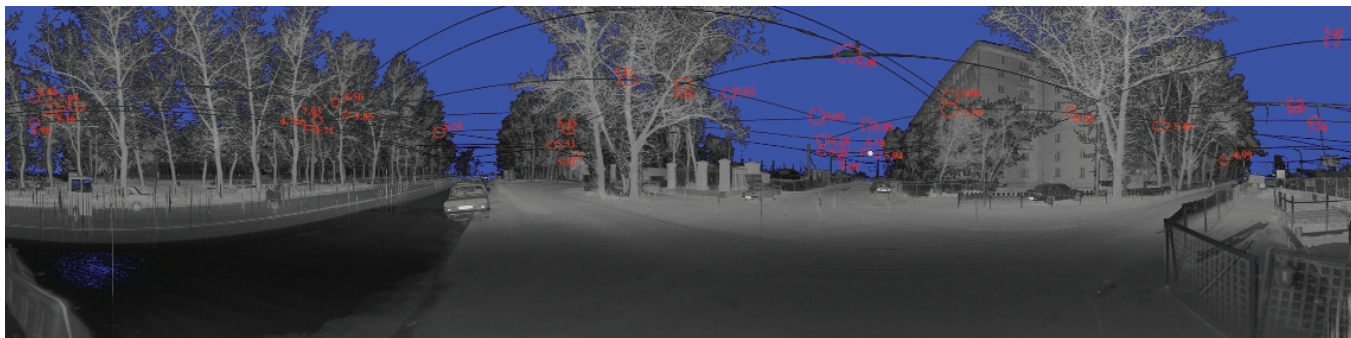


Рис.6.

### Расчет параметров трубы

Из технологической документации известно, что радиус этой трубы равен 0.507 м, а длина образующей цилиндра равна 3.190 м. Для определения параметров трубы использовался набор пространственных данных из 20 точек лазерных отражений от ее поверхности. Вписывание поверхности проводилось по методу наименьших квадратов

В качестве приближенных значений параметров были приняты следующие величины

Приближенные значения параметров объекта	
Xo, м	196,0
Yo, м	151,0
Угол наклона оси цилиндра в плоскости XOZ(alfa), рад.	0
Угол наклона оси цилиндра в плоскости YOZ(beta), рад.	0
Радиус(R), м	1

За окончательные были приняты результаты 5 итерации. В результате были получены следующие величины

Абсолютные отклонения вписанного цилиндра от точек набора данных			
№ п.п.	Отклонения, мм	№ п.п.	Отклонения, мм
1	0,4	11	1,0
2	0,5	12	1,5
3	-1,5	13	0,8
4	-0,4	14	-1,1
5	0,6	15	-1,4
6	0,3	16	1,0
7	-0,8	17	-0,5
8	-1,1	18	-0,3
9	1,2	19	-1,2
10	0,9	20	0,3

Величина среднеквадратического отклонения построенной поверхности от результатов измерений составила 0,95 мм.

Вычисленные параметры объекта	
Xo, м	196,5688
Yo, м	151,9990
Угол наклона оси цилиндра в плоскости XOZ(alfa), рад.	-0,00056
Угол наклона оси цилиндра в плоскости YOZ(beta), рад.	-0,00561
Радиус (R), м	0,5083
Длина образующей цилиндра, м	3,1937