

3D инженерные изыскания

Комплексное применение трехмерного лазерного сканирования и технологий AVEVA для контроля строящихся объектов

*Репринтное издание статьи,
размещенной в журнале "CAD/CAM/CAE Observer", №6 (74), 2012 г.*



www.rusgazen.ru



www.aveva.com



www.ngce.ru

Комплексное применение трехмерного лазерного сканирования и технологий AVEVA для контроля строящихся объектов

А. Вальдовский, И. Зверев (ООО "Навгеоком инжиниринг"), Н. Максименко (ЗАО ГК "РусгазИнжиниринг")

Строительство сложных технологических объектов является длительным и трудоемким процессом, от качества которого в будущем будет зависеть как экономическая эффективность, так и безопасность производства.

Неотъемлемой частью любого строительства является геодезический контроль в процессе строительно-монтажных работ и исполнительная съемка результатов монтажа конструкций и оборудования. Они призваны определить отклонение геометрических размеров объекта, его элементов, а также монтируемого внутри объекта оборудования от проектных значений.

Работы по геодезическому контролю и исполнительной съемке традиционно выполняются с помощью нивелиров, тахеометров, GPS-приемников. Скорость измерений координат отдельных точек объектов не превышает одного-двух измерений в минуту.

В последнее время проектировщики сложных промышленных объектов всё чаще прибегают к использованию технологии 3D-проектирования, реализованной на базе программных продуктов AVEVA. Высокая степень детальности 3D-модели позволяет сохранять большое количество информации о форме и параметрах технологического оборудования. Как следствие, проектировщики, являющиеся заказчиками обмерных работ, сегодня хотят получать в качестве результата съемки не исполнительные геодезические схемы с нанесенными проектными значениями и фактическими размерами отдельных конструктивных элементов, а данные в трехмерном представлении, содержащем большой объем информации, сопоставимый по детальности с проектной цифровой моделью.

В связи с этим в последнее время на смену тахеометру, нивелиру и GPS приходит лазерный сканер. Такой сканер производит десятки тысяч измерений в секунду, а количество измерений с одной станции достигает нескольких миллионов. При шаге измерений порядка 0.15 угловой секунды, достигаемое расстояние между точками измерения на поверхности объекта составляет доли сантиметра. Такая плотность измерений позволяет с высокой точностью и детальностью воспроизвести геометрическую форму построенных или смонтированных объектов, а затем наложить результаты измерения на проектную трехмерную модель этих же объектов.

Технология трехмерного лазерного сканирования была применена специалистами ГК "РусГазИнжиниринг" при съемке производственного корпуса на одном из газовых месторождений с целью контроля качества строительно-монтажных работ. Этот проект заслуживает того, чтобы рассказать о нём подробнее.

Проверяемый производственный корпус (в дальнейшем – корпус) состоял из десяти изолированных технологических помещений различного

Группа компаний "РусГазИнжиниринг" всегда стремится к повышению качества своих услуг. Мы всегда идем в ногу со временем и используем в процессе своей деятельности как новые, так и хорошо зарекомендовавшие себя технологии. Поэтому, когда возник вопрос точной проверки соответствия документации и реального состояния дел на площадке строящегося объекта, ответ для нас был очевиден – лазерное сканирование! Изначально проектирование этого объекта выполнялось в AVEVA PDMS. Следовательно, нам была необходима как возможность загрузки облака точек в эту систему, так и возможность обработки и сравнения данных внутри PDMS.

Николай Максименко, ГК "РусГазИнжиниринг"

функционального назначения и конфигурации, общий объем которых составлял 45 000 куб. метров.

В техническом задании на исполнительную съемку была поставлена непростая задача: погрешность определения координат элементов конструкции корпуса и смонтированного внутри него оборудования не должна превышать 1 см. Для достижения требуемого результата на всей территории объекта необходимо добиться предельной точности измерений на каждом этапе работ по наземному лазерному сканированию, таких как:

- 1 создание сети съемочного планово-высотного обоснования;
- 2 создание рабочего съемочного обоснования (создание сети привязочных станций);
- 3 лазерное сканирование объекта;
- 4 сшивка результатов измерений (сканов), полученных с одной сканерной станции, в единое облако точек измерений всего объекта.

Соответственно и итоговая среднеквадратическая ошибка (СКО) определения координат точек сканирования складывается из СКО, полученных на каждом из этапов работ:

- СКО создания основного планово-высотного обоснования;
- СКО создания рабочего съемочного обоснования;
- СКО внешнего ориентирования сканов;
- СКО лазерного сканирования, вызванная влиянием инструментальных ошибок сканера и воздействием внешней среды;
- СКО сшивки сканов в единое облако точек.

Основное планово-высотное обоснование в настоящее время может быть создано различными способами. Обычно сеть планово-высотного обоснования создается путем сгущения действующей сети предприятия с помощью проложения тахеометрических и нивелирных ходов. СКО сети основного планово-высотного обоснования вычисляется традиционными

геодезическими методами и зависит от точности и степени развитости действующей сети предприятия.

При выполнении данного проекта съемочной бригаде была предоставлена информация только о трех пунктах сети предприятия вне здания (рис. 1, 2), а о реперах, заложенных внутри здания, никакой информации не было вообще. Это существенно увеличило объем работ и усложнило деятельность бригады – как по построению основного планово-высотного обоснования, так и по созданию съемочного обоснования. Всего в ходе работ было создано 25 пунктов съемочного обоснования. Координирование пунктов съемочного обоснования производилось с помощью тахеометра Nikon NPL362.

СКО создания рабочего съемочного обоснования зависит от точности определения координат



Рис. 1. Репер под трубой



Рис. 2. Репер с лебедкой



Рис. 3. Привязочная марка

специальных марок (рис. 3), по которым выполняется внешнее ориентирование привязочных станций сканирования. Количество и расположение привязочных марок определяется специалистом в каждом конкретном случае индивидуально, и этот процесс полностью зависит от его знаний и опыта.

Для точной привязки сканов на территории промышленного корпуса было установлено и закоординировано 109 плоских марок.

Съемка производилась сканером Z+F Imager 5006, и общее число сканов составило 507. Необходимость в большом количестве сканов была обусловлена загруженностью объекта оборудованием и стройматериалами, закрывающими обзор (рис. 4). Для исключения потери информации сканер устанавливался



Рис. 4. Сканруемый объект был перегружен оборудованием, закрывающим обзор

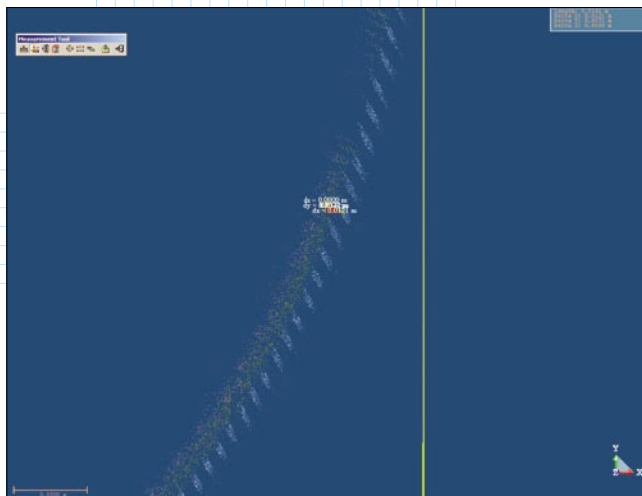


Рис. 5. Контроль точности сканирования и сшивки облаков точек

практически во всех доступных местах; в отдельных случаях плотность сканирования достигала нескольких сканов на 10 кв. метров.

Контроль качества сшивки сканов может быть произведен путем визуального анализа сечений сшитого облака точек. В нашем случае это осуществлялось в программной среде *Trimble RealWorks Survey*. Для оценки точности полученных точечных моделей были построены горизонтальные и вертикальные сечения сшитых точечных моделей на различных участках корпуса. На этих сечениях точки были окрашены в разные цвета, соответствующие различным станциям сканирования (рис. 5). Результаты

контроля оказались положительными: максимальные расхождения между точками сканов от разных станций не превысили 5 мм.

Конечным результатом лазерного сканирования явилось сшитое и уравненное облако точек в формате *IMP* (рис. 6). Итоговая точность взаимоположения точек съемки в условной системе координат помещений корпуса составила 10 мм.

Как уже было сказано, возможность загрузить облако точек в программную среду *AVEVA PDMS* была для нас критически важной. Для загрузки облаков точек и последующей их обработки использовалось следующее программное обеспечение:

- *Leica Cyclone*;
- *Leica CloudWorx for PDMS*;
- *AVEVA Laser Model Interface*.

Файл, содержащий 1.4 млрд. точек, был загружен в тот же рабочий проект, на основании которого строился объект, что дало возможность совмещения проектной модели и фактических данных (*as build*).

Далее объект был разбит на участки согласно разбивочным строительным осям, после чего мы произвели анализ этих участков на соответствие – с выявлением (рис. 7) и протоколированием расхождений.

Таким образом, в результате проделанной работы мы получили перечень фактических расхождений, подкрепленных наглядными материалами. Это позволило оперативно устранить обнаруженные несоответствия еще на этапе строительства и существенно повысить качество конечного объекта, добившись в конечном итоге его полного соответствия рабочей документации. 🍷

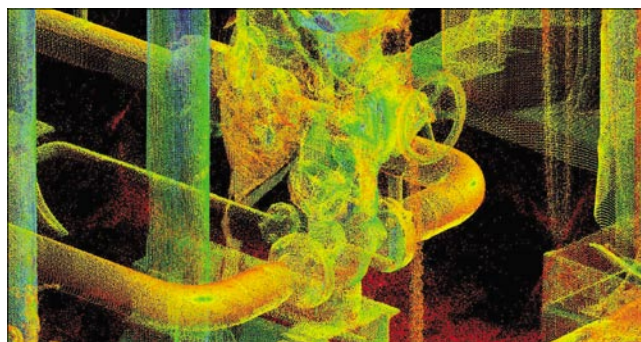
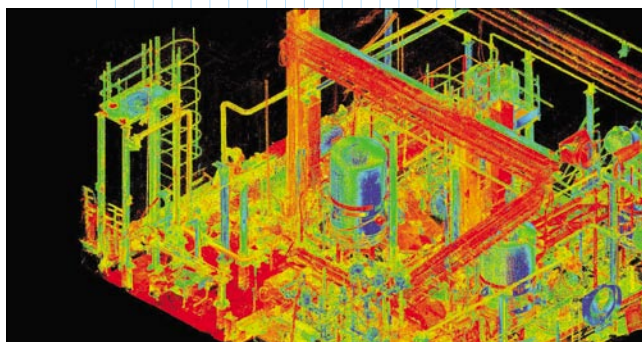


Рис. 6. Облако точек в разном увеличении

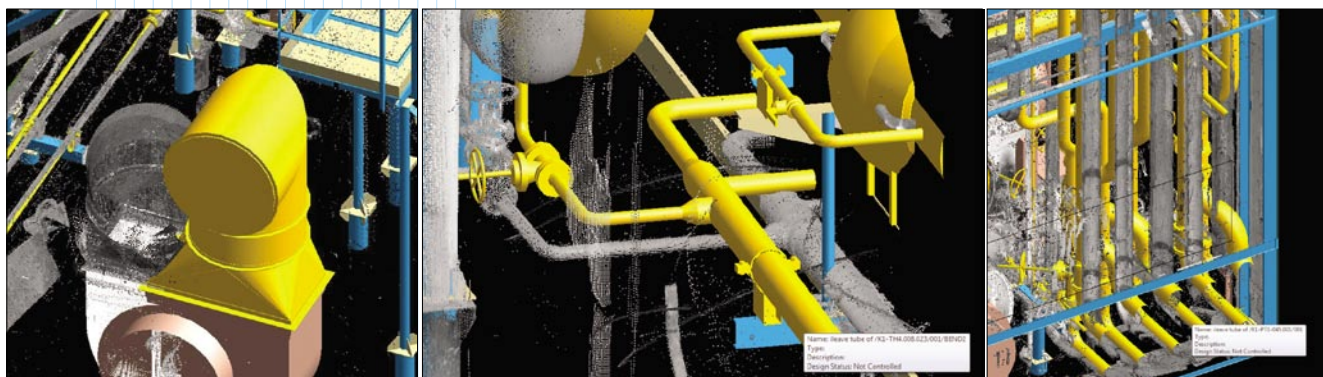


Рис. 7. Примеры обнаруженных несоответствий