

Применение лазерного сканирования и 3D-моделирования при восстановлении информационной модели Ростовской АЭС

Михаил Аникушкин, Евгений Белецкий, Евгения Окунькова, Святослав Серков, Сергей Смирнов

Несмотря на то, что первые наземные сканеры появились еще в прошлом веке, пока нет основания утверждать, что технология лазерного 3D-сканирования широко используется при проектировании и строительстве промышленных объектов. В качестве главных причин, наверное, нужно назвать всё еще высокую стоимость таких систем и недостаток информации о том, как их эффективно применять в тех или иных приложениях. Тем не менее, интерес к этой технологии и её востребованность на рынке геодезического оборудования растут с каждым годом в геометрической прогрессии, а высокая стоимость приобретения всё больше компенсируется предложением со стороны поставщиков услуг по сканированию.

В зависимости от целей и задач проекта, технология лазерного сканирования может быть эффективно скомбинирована с технологиями 3D-проектирования.

В последнее время проектировщики технологически сложных промышленных объектов всё чаще прибегают к использованию средств интеллектуального 3D-проектирования. Ввиду высокой детализации 3D-модели в ней содержится довольно большое количество информации о форме и параметрах технологического оборудования, а также всех необходимых инженерно-технических данных для формирования и выпуска проектно-сметной документации и для последующих нужд на этапах закупки, поставок, строительства и эксплуатации. Как следствие, проектировщики, являющиеся заказчиками обмерных работ, теперь хотят получать в качестве результата съемки не исполнительные геодезические схемы с нанесенными проектными значениями и фактическими размерами отдельных конструктивных элементов, а подробные данные в трехмерном представлении, содержащие объем информации, сопоставимый по детальности с проектной цифровой моделью. Программное обеспечение играет чрезвычайно важную роль в быстрой и эффективной обработке облаков точек, полученных в результате лазерных съемок высокого разрешения.

Когда без сканирования не обойтись...

В современных реалиях заказчик – эксплуатирующая организация, которая заказывает весь комплекс работ, от технико-экономического

обоснования до пуска-наладки и ввода в эксплуатацию – в преимущественном большинстве случаев сталкивается с ситуацией, когда проектная трехмерная модель объекта эксплуатации имеет существенные различия с тем, что фактически построено на площадке. В настоящее время существуют проверенные решения, позволяющие быстро и эффективно получить так называемую **исполнительную модель** завода или иного сложного инженерного объекта.

Вторая задача, с которой чаще сталкиваются проектные организации, – это реконструкция и глубокая модернизация уже существующих инженерных сооружений и предприятий непрерывного цикла работы. Существующие технологии позволяют автоматизировать типовые задачи и повысить скорость и качество выполнения разноплановых работ по восстановлению 3D-модели “с бумаги”, то есть по имеющейся в архивах документации, или же, в случае отсутствия таковой, построить с “нуля” интегрированную информационную исполнительную модель предприятия – целиком или отдельных частей, в зависимости от поставленных задач.

Обратимся к описанию процессов восстановления информационной модели. Компания *Intergraph*, разработчик ПО для управления жизненным циклом промышленных объектов, рекомендует использовать для этих целей модуль трехмерного проектирования **Smart3D** совместно с программными разработками компании *Leica Geosystems*. Такой комплект дает в руки пользователя инструментарий для восстановления интеллектуальной 3D-модели по облаку точек.

Программный модуль **Leica CloudWorx** встраивается в мощную оболочку *Intergraph Smart3D*. Его предназначение – работа с облаком точек, то есть получение доступа к базе данных, где хранится облако точек, и дальнейшая его обработка, а также работа с ним внутри *Smart3D* в качестве “подложки” с целью точного и безошибочного позиционирования объектов, ведения измерений и проектирования. Модуль, основанный на хорошо зарекомендовавшей себя технологии *Leica Cyclone*, может использовать весь инструментарий системы *Intergraph Smart3D* для выполнения измерений, коррекции данных, визуализации элементов отсканированных трубопроводных

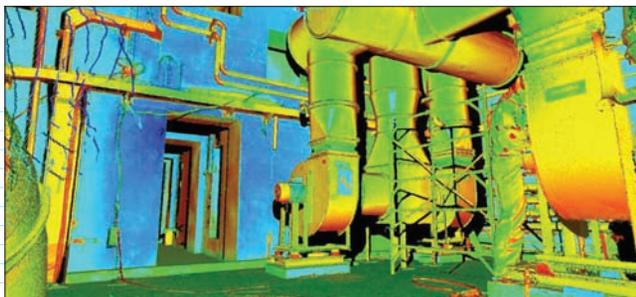


Рис. 1. Облако точек, полученное в результате сканирования РДЭС 3-го энергоблока Ростовской АЭС

структур, построения моделей на основе каталога объектов *Smart3D* и для составления отчетов.

Упрощенно технология лазерного сканирования выглядит следующим образом. Сначала разрабатывается план проведения работ, проводится процедура лазерного сканирования с панорамным фотографированием объекта. Оставшаяся часть работ выполняется удаленно от объекта. Данные сканирования проходят первичную обработку, и в качестве результата мы имеем облако точек – виртуальную копию реального объекта с высоким уровнем детализации всех его фрагментов, вплоть до мелкого крепежа (рис. 1).

Далее проводится геометрическое моделирование, суть которого заключается в создании из облака точек векторной модели. Результатом этапа является геометрическая твердотельная модель объекта, пригодная для импорта практически в любые САПР (рис. 2).

Как правило, геометрическая модель необходима для реконструкции промышленных предприятий – проектанту важно знать, где и как располагаются существующее оборудование и коммуникации, каковы геометрические параметры помещения. Использование на этапе проектирования реконструкции объекта его трехмерной модели, полученной по данным сканирования, позволяет значительно снизить

вероятность коллизий и ошибок на этапе строительно-монтажных работ.

В рамках описанного ниже проекта решалась другая задача – сравнение двух моделей: проектной (*as-designed*) и исполнительной (*as-built*). Такое сравнение, выполняемое периодически в процессе сооружения промышленного объекта, позволяет вести контроль за качеством строительно-монтажных работ, повысить эффективность управления строительными процессами, что в итоге значительно снижает вероятность нарушения графика строительства и выхода за пределы сметной стоимости.

Еще одной существенной задачей является управление инженерными данными. Актуальность этой проблемы возрастает с повышением сложности объектов, детализации моделей, ростом количества и способов представления инженерной информации. Для эффективной работы необходим некоторый инструмент, способный “объединить” все данные в информационную модель (*as-built*), которая впоследствии будет использована при управлении сложным инженерно-техническим объектом или проектом.

К сожалению, возможности информационного моделирования зачастую недооцениваются эксплуатирующими организациями. К тому же, учитывая ограниченные ресурсы инженерного, административного и ИТ-персонала на введенных в эксплуатацию объектах, решение задач сбора информации и отслеживания изменений с целью формирования актуализированной информационной модели является крайне сложным делом, особенно с учетом постоянных обновлений, переоборудования, капитальных ремонтов и эксплуатационных изменений конфигурации предприятия.

Проекты нового капитального строительства также сталкиваются с проблемой, связанной с обработкой больших объемов неструктурированной информации, которая регулярно поступает со стороны поставщиков, производителей оборудования и проектных бюро. В случае,

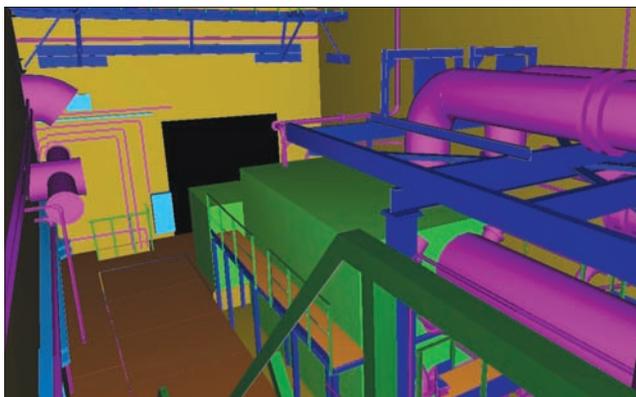


Рис. 2. РДЭС 3-го энергоблока Ростовской АЭС: твердотельная 3D-модель

когда эта информация не обрабатывается надлежащим образом непосредственно в процессе её передачи от подрядчика к заказчику, она может быть искажена или потеряна навсегда.

Если говорить об инструменте “сбора данных”, крайне важно найти такой, который позволял бы организовывать данные с целью обеспечить возможность принятия оптимальных управленческих решений. Именно такой подход позволяет осуществлять навигацию по проекту с высокой степенью точности и с отображением реальных связей между проектными позициями, в результате чего формируется интеллектуальная модель эксплуатируемого объекта.

Пример использования технологии на практике

Применение описанной выше технологии лазерного сканирования, создания облака точек и геометрической, а впоследствии информационной модели, позволяющее в полной мере ознакомиться с особенностями задачи восстановления информационной модели существующего объекта, лучше всего рассмотреть на примере реального проекта.=

В 2013 году команда специалистов, куда вошли представители компаний “Интерграф ППэндМ Россия”, “Триметари” (Санкт-Петербург) и НАВГЕОКОМ (Москва), реализовала проект по получению трехмерной информационной модели сложного инженерного объекта – резервной дизельной электростанции (РДЭС) 3-го энергоблока Ростовской АЭС – на базе технологий лазерного сканирования. В качестве заказчика выступил ведущий проектный институт в структуре Госкорпорации “Росатом” – Объединенная компания ОАО “НИАЭП” – ЗАО “Атомстройэкспорт”.

Основная цель работ: проверить эффективность лазерного сканирования и технологий *Intergraph* как метода построения 3D-модели “as built” при реконструкции существующих объектов и при проектировании новых объектов на базе уже существующих – с целью тиражирования проектного решения. Необходимо отметить, что авторам неизвестны случаи выполнения аналогичных проектов в России, хотя зарубежные проектные и эксплуатирующие организации давно и успешно используют возможности лазерного сканирования и ПО компании *Intergraph* для выполнения этих задач.

Объектом послужила Ростовская АЭС – одно из крупнейших предприятий энергетики юга России (рис. 3). Энергоблок №1 находится на этапе опытно-промышленной эксплуатации на уровне мощности 104% от проектной; энергоблок №2 был введен в эксплуатацию в 2010 г. Сейчас ведется сооружение энергоблоков №3 и №4, пуск которых был запланирован на 2014 и 2017 гг. Выработка электроэнергии



Рис. 3. Строящийся энергоблок №3 Ростовской АЭС

составляет свыше 25 млн. киловатт-часов в сутки и порядка 8 млрд. кВт·ч в год.

Работы по лазерному сканированию проводились на резервной дизельной электростанции энергоблока №3 (рис. 4). Это сооружение имеет три уровня, расположенных на отметках от -7 м до +9.6 м.

При планировании работ был утвержден следующий список этапов:

- 1 анализ полученной от специалистов ОАО “НИАЭП” проектной документации;
- 2 полевые работы на объекте – лазерное сканирование;
- 3 первичная обработка полевых данных лазерного сканирования – регистрация и геопривязка сканов;
- 4 создание сервиса сферических панорам;
- 5 построение геометрической (неинтеллектуальной) модели;
- 6 получение интеллектуальной 3D-модели объекта эксплуатации (рис. 8):
 - подготовка серверной группировки под проект;
 - подготовка серверов;
 - развертывание и настройка ПО;



Рис. 4. Один из залов ячейки №3 резервной дизельной электростанции



Рис. 5. Размещение специальных марок, используемых для регистрации сканов

- подготовка каталогов для моделирования;
- разворачивание полученных каталогов проекта для дальнейшего использования на этапе трехмерного моделирования;
- непосредственно 3D-моделирование 3-й ячейки здания РДЭС;
- сравнение результатов с имеющейся в наличии геометрической моделью;

7 обработка переданного комплекта документации, структурирование и загрузка данных в систему *Intergraph SmartPlant Fusion*;

8 создание единой интеграционной платформы на базе *Intergraph SmartPlant Foundation*.

Для выполнения полевых работ по лазерному сканированию использовался сканер **ScanStation P20** – последняя модель от швейцарского производителя геодезического оборудования *Leica Geosystems*. Прибор имеет отличные технические характеристики для съемки сложных промышленных сооружений: максимальная дальность – 120 м при 18% отражающей способности; точность определения расстояния – менее 1 мм; скорость – до 1 млн. точек в секунду; есть встроенная фотокамера. Кроме того, потенциальная возможность продолжения проекта с выполнением съемки объекта снаружи в холодное время года обуславливала



Рис. 6. Установка 3D-лазерного сканера на штатив

особые требования к “выносливости” сканирующей системы. Показатели сканера P20 – рабочая температура от -20°C до +50°C, пылевлагозащита степени IP54 – позволяют эксплуатировать прибор в суровых климатических условиях.

Первоначально на объекте был разработан план проведения работ по сканированию, выбран метод регистрации, определены места установки сканера (рис. 5, 6). Непосредственно лазерное сканирование осуществлялось в режиме 360 градусов с панорамным фотографированием объекта. За два дня полевых работ была выполнена съемка с 38-ми станций. Проведение сканирования осложнялось тем, что на объекте параллельно шли строительно-монтажные работы. Что же касается влияния работ по лазерному сканированию на строительные или эксплуатационные процессы, то такие достоинства метода, как бесконтактность и скорость съемки, позволяют свести его к минимуму.

Все последующие работы выполнялись камерально, удаленно от объекта. Первоначальная обработка данных лазерного сканирования – регистрация сканов (объединение в единую систему координат) – была сделана за один день. Результат регистрации – облако точек – является виртуальной копией реального объекта с миллиметровой степенью детализации (рис. 7). Общее количество точек в конечном облаке составило 1.3 млрд.



Рис. 7. Фрагмент облака точек, окрашенных в реальные цвета, полученный со встроенной фотокамеры

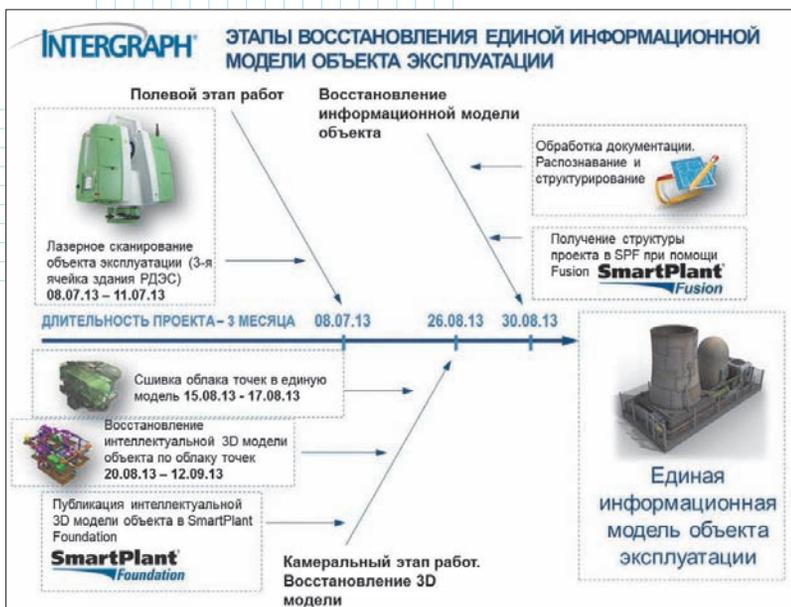


Рис. 8. Этапы восстановления единой информационной интеллектуальной 3D-модели объекта

Геометрическое моделирование выполнялось с помощью программного обеспечения **Leica Cyclone**. На создание из облака точек векторной модели ушло 23 человеко-дня. Несмотря на то, что **Leica Cyclone** имеет широкие возможности по автоматическому вписыванию графических примитивов в облако точек, моделирование по большей части является ручным и весьма кропотливым трудом.

Для загрузки облаков точек и последующей их обработки в **Smart3D** использовалось следующее ПО:

- **Leica Cyclone**;
- **Leica CloudWorx for Smart3D**.

Файл был загружен в тот же рабочий проект, на основании которого строился объект, что дало возможность совмещения проектной

модели и фактических данных (*as built*). Далее объект был разбит на участки согласно разбивочным строительным осям, после чего мы произвели анализ этих участков на соответствие – с выявлением 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.

Сложно недооценить открывающиеся возможности, такие как:

- 1 автоматическое построение моделей по облаку точек;
- 2 автоматическое определение пересечений модели с облаком точек – например, если модель была построена без учета расположения облака точек объекта;
- 3 построение новой (несуществующей) конструкции без построения всей остальной модели.

С помощью **Cyclone** или **CloudWorx** можно организовать групповую обработку данных. **Cyclone** работает как клиент-серверное приложение, поэтому обеспечивается одновременный доступ с нескольких компьютеров к одной базе данных. При этом все изменения, вносимые на одном компьютере, будут сразу же видны на других. Подобное свойство значительно ускоряет процесс обработки больших массивов данных.

Полученная трехмерная модель объекта и панорамные снимки высокого разрешения (рис. 9), полученные в результате лазерного сканирования, были опубликованы в **SmartPlant Foundation** – это порталное интеграционное ядро компании **Intergraph**, предназначенное для поддержки комплексного проектирования и для управления информационными потоками.

Кроме того, в рамках работ по пилотному проекту, специалисты ОАО «НИАЭП» передали порядка 600 Mb неструктурированной документации по семи разделам проекта в различных форматах (большая часть – в отсканированном виде). С помощью программного продукта компании **ABBYY** для распознавания текстов отсканированная документация была



Рис. 9. Пример панорамной фотографии, полученной в результате сканирования. Удаленный и мобильный доступ для обеспечения полноценной работы осуществляется с помощью веб-портала SPF или инструментальной панели Dashboard

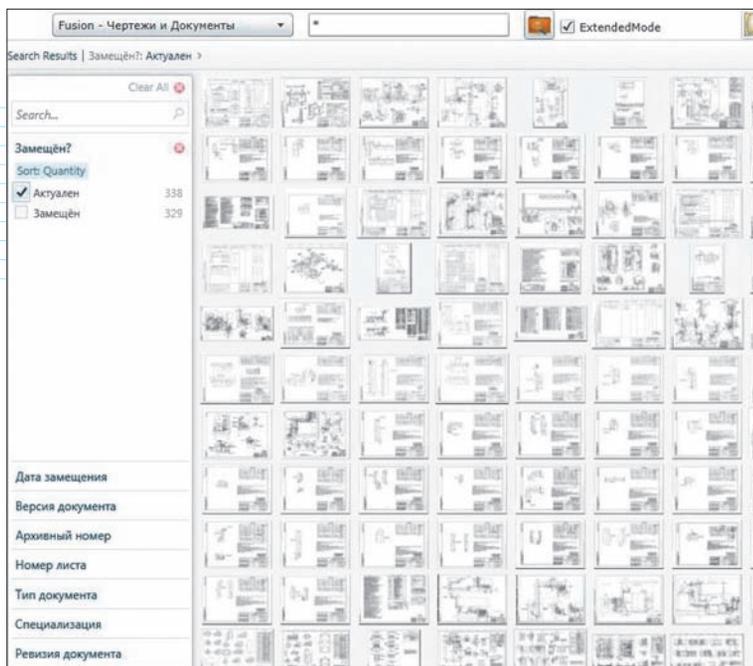


Рис. 10. Инструментальная панель SmartPlant Fusion

обработана, после чего XML-файлы с интеллектуальными данными и исходные документы были загружены в *SmartPlant Fusion*. Документация, изначально предоставленная в форматах *DWG*, *DOC*, *XLS* и др., обрабатывалась с помощью встроенных инструментов *SmartPlant Fusion*. Все загружаемые в *SmartPlant Fusion* документы структурируются по разделам проекта автоматически, по предварительным настроенным правилам. Была также настроена классификация проектных позиций по соответствующему стандарту.

SmartPlant Fusion умеет обрабатывать различные источники информации, извлекать данные в соответствии с настроенными правилами, и на основе этих данных восстанавливать консолидированную информационную модель. В нашем проекте использовались различные способы получения данных. Информация может быть получена из штампа самого документа (например, тип документа и описание из штампа), из имени файла (в нашем случае это был архивный номер документа), из структуры папок переданного комплекта документации (в нашем проекте на основе структуры папок были классифицированы документы).

Система позволяет извлекать информацию по оборудованию из связанной с ним документации, выстраивать взаимосвязи и осуществлять навигацию между этими объектами. Например, выбрав нужную проектную позицию (насос, задвижку и др.), можно посмотреть все связанные с нею документы – технологическую схему, монтажную схему, спецификации и др. Механизм навигации позволяет

перейти с проектной позиции на фотореалистичный панорамный снимок, полученный в результате лазерного сканирования и загруженный в систему, и посмотреть, как смонтировано это оборудование на площадке. Этот функционал поможет сопоставить фактическое состояние объекта с тем, как он отображен в инженерной документации. Удаленный и мобильный доступ для обеспечения полноценной работы осуществляется с помощью веб-портала *SPF* или инструментальной панели *Dashboard* (рис. 10).

При демонстрации результатов пилотного проекта специалистам ОАО «НИАЭП», а также представителям других организаций была отмечена востребованность технологий лазерного сканирования и решения *SmartPlant Fusion* в следующих случаях:

- при реконструкции существующих объектов;
- при проектировании новых объектов на базе уже существующих – с целью тиражирования проектного решения;
- на этапе ввода объекта в эксплуатацию;
- в процессе эксплуатации;
- для вывода из эксплуатации;
- с целью продления срока службы объекта;
- для мониторинга строительно-монтажных работ;
- для контроля за поставкой оборудования.

Выполненный проект иллюстрирует высокий потенциал используемых технологий и целесообразность их применения при проведении работ подобного рода на других промышленных объектах.

«ОАО «НИАЭП» признаёт эффективность применения решений *Intergraph* для управления информацией, позволяющих обеспечить безопасность в условиях эксплуатации и снизить стоимость проекта. Мы очень гордимся совместно достигнутыми результатами», – сказал в этой связи Герхард Сэллинджер, президент *Intergraph Process, Power & Marine*. 🍷

Авторы:

Аникушкин Михаил – генеральный директор ООО «Триметари», г. Санкт-Петербург;

Белецкий Евгений – руководитель отдела технической поддержки, ООО «Интерграф ППэндМ»;

Окунькова Евгения – руководитель проектов, ООО «Интерграф ППэндМ»;

Серков Святослав – менеджер по продукту лазерные сканеры, ООО НАВГЕОКОМ, г. Москва;

Смирнов Сергей – ведущий инженер, ООО «Интерграф ППэндМ».