

Казанский Федеральный Университет.

Кафедра технологии нефти, газа и углеродных материалов

Kazan Federal University.

Department of oil & gas technology and carbon materials

Лазерное сканирование в промышленности

Laser scanning in industry

Руссу Даниил Владимирович, Russu Daniil Vladimirovich ¹

Кемалов Руслан Алимович, Kemalov Ruslan Alimovich ²

магистрант кафедры технологии нефти, газа и углеродных материалов¹ кандидат

технических наук, доцент кафедры технологии нефти, газа и углеродных материалов,

Член Экспертного совета Российского газового общества (РГО),

и.о. руководителя группы «Водородная и альтернативная РГО, профессор РАЕ²

E-mail: iamrdaniil@yandex.ru, kemalov@mail.ru

Аннотация: В статье рассматривается применение технологии лазерного сканирования в промышленности. Лазерное сканирование позволяет точно и чётко фиксирует в трёхмерном пространстве геометрическое расположение всех видимых частей и элементов промышленного объекта, также данная технология позволяет оперативно собирать данные о местности, которые играют важную роль при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружения.

Abstract: The article discusses the application of laser scanning technology in industry. Laser scanning allows you to accurately and clearly fix the geometric location of all visible parts and elements of an industrial facility in three-dimensional space, and this technology also allows you to quickly collect data about the terrain, which play an important role in the design, construction and operation of buildings and structures.

Ключевые слова: технологии лазерного сканирования, геодезические изыскания

Keywords: laser scanning technologies, geodetic surveys, surveying the situation of the terrain, geodetic instruments

Введение (Introduction)

В настоящее время на промышленных объектах при выполнении инженерных обмеров или производстве исполнительной съёмки достаточно сложно обходиться без лазерного сканирования. Это связано с наличием на объекте большого числа трубопроводов, металлоконструкций, оборудования, прочих деталей и коммуникаций. Получаемое по итогам сканирования облако точек – это как трёхмерная фотография объекта с возможностью любых промеров по ней. То есть, лазерное сканирование точно и чётко фиксирует в трёхмерном пространстве геометрическое расположение всех видимых частей и элементов промышленного объекта.

Применение лазерного сканирования на разных этапах жизненного цикла промышленного объекта

Лазерное сканирование без преувеличений применимо практически на всех этапах, начиная от проектирования и заканчивая ликвидацией объекта. Кроме того, полученные на дату съёмки трёхмерные цифровые модели точно фиксируют всю геометрию элементов объекта и окружающей обстановки, что остаётся в истории объекта и при необходимости легко может быть использовано как фактический материал на дату съёмки. Сравнивая цифровые модели разных периодов можно легко отслеживать динамику изменений на объекте, отслеживать фактические темпы строительства в единой среде ведения проекта, например, в AVEVA.

Далее конкретно по жизненному циклу промышленного объекта:

1. На этапе предпроектного обследования лазерное сканирование используется для получения цифровой модели местности (ЦММ), окружающей обстановки, цифровой модели рельефа (ЦМР). Это необходимо для планирования земляных работ, согласований и организации инфраструктуры строительной площадки.

2. Лазерное сканирование наиболее востребовано конечно же во время строительства, поскольку, своевременный и детальный контроль позволяют выявить практически все ошибки и коллизии. А значит, способствует своевременному принятию решений по исправлению и/или изменению проекта

строительства объекта.

Перечислим основные этапы контроля строительного этапа:

-При производстве земляных работ – точно фиксируется объём перемещённого грунта, габариты и форма котлована.

-По окончании свайного поля фиксируется точное пространственное положение каждой сваи, а по величине оголовков легко вычисляется глубина каждой забитой сваи.

-По окончании изготовления ростверков и бетонных подушек – фиксируются их габариты и расположение (до засыпки котлована и возведения конструкций). Причём, абсолютно любой сложной формы и конфигурации.

-При возведении несущих конструкций (колонн, балок) и перекрытий контролируется точность их установки и геометрия. Эти данные важны не только для контроля монтажа оборудования, но и для последующего мониторинга усадки и поведения объекта.

-Контроль установки оборудования, монтажа металлоконструкций. По опыту, этот и следующий пункт – самые ёмкие по числу выявляемых проектных несоответствий и коллизий.

-Контроль выполнения обвязки оборудования, монтажа трубопроводов, запорной арматуры, КИП, кабелей, прочих деталей и элементов.

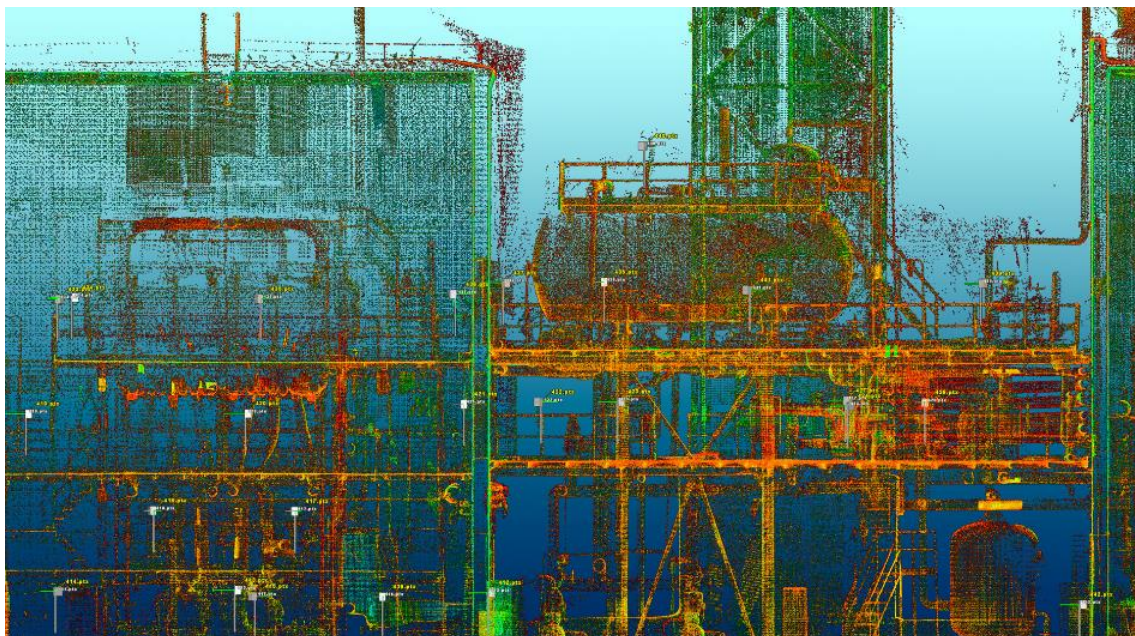
-После выявления и исправления ошибок строительства необходимо выполнить финальную исполнительную съёмку, чтобы зафиксировать детальное состояние объекта в готовом состоянии.

3. После ввода промышленного объекта в эксплуатацию желательно сразу провести ещё одну съёмку основных элементов объекта (несущие конструкции, оборудование, трубопроводы высокого давления). Это полезно для контроля произошедших изменений на объекте при подключении рабочих нагрузок. Производится выявление и оценка возможных напряженных состояний и деформаций элементов объекта.

4. На этапе эксплуатации проводятся периодические проверки и экспертизы состояния элементов промышленного объекта (техническое освидетельствование). Для мониторинга и контроля геометрии, выполнения

прочностных расчетов, выявления напряженного состояния элементов и деформаций, желательно в эти же сроки повторять съёмку основных элементов объекта.

5. Мониторинг достигается сравнением и анализом измерительных данных от съёмок предыдущих периодов освидетельствования. Он позволяет выявить тенденции изменения геометрии элементов объекта, на основании чего эксперт промышленной безопасности выдаст обоснованные рекомендации по ремонту и/или эксплуатации объекта. Как минимум, штатному геодезисту необходимо следить за всеми контрольными марками объекта, а лазерное сканирование выполнять при серьёзных отклонениях от допусков в целях детального анализа ситуации.



6. После локального ремонта или реконструкции объекта необходимо производить исполнительную съёмку участка произведённых работ, чтобы не только проконтролировать выполненные работы и актуализировать техническую документацию, но и зафиксировать обновлённое исходное состояние промышленного объекта для последующего мониторинга его состояния.

7. По практическому опыту, после долгого срока эксплуатации техническая документация перестаёт отражать истинное состояние объекта. Как правило, причина тому – срочные ликвидации поломок и аварий, внеплановые ремонты. По этому, перед капитальной реконструкцией объекта необходимо

актуализировать документацию. Как правило, это достигается выполнением детальной исполнительной съёмки.

8. При ликвидации (сносе) объекта так же создаётся проект данного мероприятия. Для чёткого планирования вывода из эксплуатации различных систем объекта, их очистки и демонтажа, желательно произвести как минимум съёмку основных элементов объекта.

Процесс осуществления контроля строительства по данным лазерного сканирования

Пусть имеется проект строительства технологической установки, выполненный в среде трехмерного проектирования AVEVA, Intergraph, Autodesk, Bentley или любой другой. Проектировщики выпустили комплект необходимой документации, строители приступили к возведению объекта. Проектировщики осуществляют авторский надзор, эксперты – технический надзор. Всем им во время строительства важно постоянно иметь достоверную информацию о том, насколько построенное соответствует проекту. Есть ли ошибки, отклонения от проекта и каковы их фактические величины. Ведь только по фактической информации можно понять – как повлияют допущенные при монтаже ошибки на дальнейший процесс строительства и эксплуатацию объекта в целом. Для этого на каждом этапе стройки, начиная от рытья котлована и забивки свай, до финального монтажа оборудования, выполняются работы по лазерному сканированию вновь возведенных объектов.

При сканировании и обработке финальное облако точек целиком трансформируется к той же системе координат, что и проектная модель. Это достигается благодаря закреплённой на местности (строительными реперами) системе координат объекта. Поэтому облако точек, подгружаясь к проектной 3D-модели автоматически совмещается с ней в координатном пространстве. Далее сравнением, анализом и измерениями (с учётом допусков) отклонений реальной обстановки (в виде облака точек) от элементов проектной 3D-модели выявляются нарушения и коллизии текущего этапа строительства.

То есть, благодаря загрузке данных лазерного сканирования в проектную среду, можно не только наглядно увидеть все несоответствия, но и измерить их

величину. Это позволяет своевременно оценить возможные последствия, которые может повлечь за собой ошибка монтажа. Благодаря высокой производительности измерений лазерным сканированием, процесс контроля происходит оперативно и в случае выявления серьёзных отклонений проектировщики и технологи получают способность обоснованно принимать своевременное решение: продолжать строительство «как есть», или останавливать дальнейшие работы до момента устранения критических замечаний.

Лазерное сканирование в геодезических работах.

На сегодняшний день все больше становится популярным использование технологии наземного лазерного сканирования при проведении геодезических изысканий. Большинство современных задач было бы сложно решить без данных, полученных от данного вида съемки. Поскольку технологии наземного лазерного сканирования дают возможность оперативно получать точное и полное представление пространственных данных о местности, которые играют огромную роль при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий. Использование традиционных для геодезии методов и инструментов позволяет решать большинство задач, однако существуют ограничения, связанные с тяжелыми условиями видимости, со скоростью сбора и обработки получаемых при помощи электронных тахеометров данных, поэтому применение технологии наземного лазерного сканирования при крупных обследованиях становится наиболее целесообразными.

Наземное лазерное сканирование – НЛС является одним из самых оперативных и высокопроизводительных средств для получения точной и наиболее полной информации о пространственном объекте: промышленном сооружении и промышленной площадке, смонтированном технологическом оборудовании, строящихся зданий, памятнике архитектуры и т.д.

Наземный лазерный сканер по типу получаемой информации схож с тахеометром – при помощи фазового или импульсного безотражательного дальномера, который вычисляет расстояние до объекта и измеряет вертикальные и горизонтальные углы, получая XYZ– координаты. Главное отличие в том, что

для измерения оператор выбирает не одну точку, а область съёмки и шаг сетки (плотность). Измерения производятся с очень высокой скоростью – тысячи, сотни тысяч, а порой и миллионы измерений в секунду. На пути к объекту импульсы лазерного дальномера сканера проходят через систему, состоящую из одного подвижного зеркала, которое отвечает за вертикальное смещение луча. Горизонтальное смещение луча лазера производится путем поворота верхней части сканера относительно нижней, жестко прикрепленной к штативу. Зеркало и верхняя часть сканера управляются прецизионными сервоприводами. В конечном итоге именно они обеспечивают точность направления луча лазера на снимаемый объект. Зная угол разворота зеркала и верхней части сканера в момент наблюдения и измеренное расстояние, процессор вычисляет координаты каждой точки.

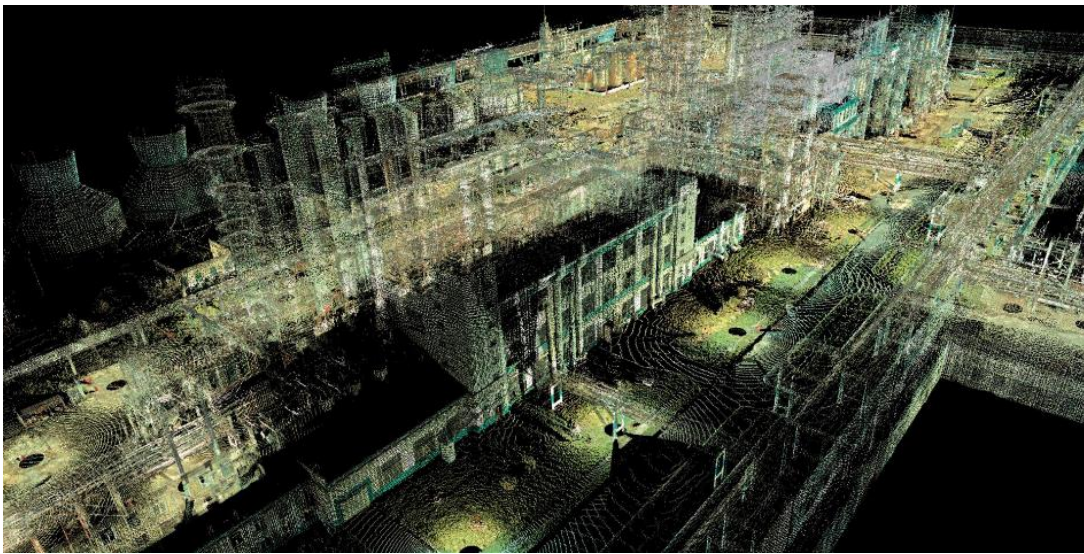
В результате получается облако точек, каждая точка которого раскрашивается в зависимости от степени интенсивности отраженного сигнала. Большинство современных моделей лазерных сканеров имеют встроенную фотокамеру, благодаря которой точки можно окрасить в реальные цвета, и облако точек будет выглядеть как трёхмерное цифровое фото. Затем выполняется обработка данных, полученных со сканера, и подготовка результатов измерений в том виде, в котором они необходимы: 3D модели, топографические планы, сечения, профили.

Виды лазерного сканирования, применяемые на промышленных предприятиях

Как всегда, выбор приборов и технологии съёмки зависит от конкретных целей и задач, которые призвано решить лазерное сканирование. Однако обобщая опыт, для промышленных предприятий можно выделить четыре основных вида лазерного сканирования:

1. Каркасное (обзорное) сканирование. Выполняется «дальнобойными» сканерами и сканерами средней дальности. Как правило, это сканирование не высокой плотности и детализации. Средняя плотность облака точек составляет 5-7 см. Такое сканирование охватывает преимущественно крупные объекты и дает представление об их общих габаритах, типах конструкций и инженерных

сооружений, расположенных на промышленной площадке. Как правило, в таком облаке присутствуют теневые зоны (зоны, находящиеся за объектами где отсутствуют измерения). В таких зонах вполне могут скрываться некоторые полезные объекты. В массиве измерений (облаке точек) гарантировано присутствуют объекты порядка 1 м. Данный вид сканирования выполняется как основа для более детального сканирования, а так же может использоваться как самостоятельный вид работ, там где не нужна высокая детализация отображения объектов: основа для составления или обновления генплана, создания обзорных 3D ГИС моделей, визуализация и т.п.



2. Локальное сканирование. Выполняется на небольшом участке промышленного объекта, когда нет необходимости сканировать весь объект. Например, при необходимости демонтажа и замены лишь одного трубопровода. В этом случае фазовыми сканерами детально сканируется лишь исследуемый трубопровод, его опоры, подвесы и для обстановки – прилегающая зона в несколько метров.



3. Тотальное сканирование. Детальная и сплошная съёмка выполняется быстрыми фазовыми сканерами «ближнего боя». Представляет собой наиболее полное и детальное сканирование всего объекта. Измерения со сканера покрывают порядка 95% поверхности объекта. Сканер устанавливается на всех площадках и уровнях объекта, а так же в любом месте, где это необходимо для съемки и технологически возможно. Тотальное сканирование позволяет со всех сторон покрыть измерениями все детали и элементы объекта. Позволяет практически полностью исключить наличие теневых зон. В облаке точек будут присутствовать все, даже самые незначительные объекты. Данный вид сканирование успешно применяется в процессе выполнения работ по контролю за строительством и как исполнительная 3D съёмка в интересах проекта по реконструкции объекта.



4. Сканирование средней детализации. Такой вид сканирования заказывается в целях мнимой экономии. В техническом задании устанавливается

ограничение предметного интереса. Например, такой набор: «сканированию подлежат трубопроводы диаметром от 114 мм. и более; металлоконструкции – только несущие; остальные элементы лишь в случае, если хоть один их габаритный размер превышает 200 мм.»

Список литературы (List of literature)

1. Брылев Игорь Сергеевич «ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ 3D МОДЕЛЕЙ» URL- <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tehnologii-nazemnogo-lazernogo-skanirovaniya-dlya-sozdaniya-3d-modeley> (дата обращения: 20.11.2022)

2. Асropol-geo: «Лазерное сканирование в промышленности» : [сайт]. URL- <https://acropol-geo.ru/o-texnologii/121-lazernoe-skanirovanie-v-promyshlennosti> (дата обращения: 20.11.2022)