

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ И ФОТОГРАММЕТРИИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

## Р.А. Макаров (ПИ «Союзхимпромпроект»)

В 2002 г. окончил Казанский (Приволжский) федеральный университет по специальности «астрономогеодезия». С 2004 г. работает в ПИ «Союзхимпромпроект», в настоящее время — руководитель группы геодезии.

## В.В. Серков («Сканинг»)

В 2018 г. окончил Казанский (Приволжский) федеральный университет по специальности «геодезия и дистанционное зондирование». С 2016 г. работал в ООО «Декарт», с 2018 г. — в АО «Гипрониавиапром». С 2019 г. работает в ООО «Сканинг», в настоящее время — генеральный директор.

## Р.Р. Камаев («Сканинг»)

В 2002 г. окончил Казанский (Приволжский) федеральный университет по специальности «астрономогеодезия». В 2004–2008 гг. работал в ООО «КССМУ «Союзшахтоосушение», в 2008–2012 гг. — в ООО «Геоцентр», в 2014–2018 гг. — в ООО «Декарт». С 2019 г. работает в ООО «Сканинг», в настоящее время — инженер-геодезист.

## Д.Х. Резванов («Сканинг Решения»)

В 2004 г. окончил Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» по специальности «автоматизация и управление» (промышленность). С 2005 по 2022 гг. работал в компаниях IBM, Oracle, AspenTech, Trimble. С 2022 г. работает в ООО «Сканинг Решения», в настоящее время — управляющий партнер.

Одной из типовых проблем при проведении проектных работ по техническому перевооружению опасных производственных объектов является выполнение обмерных работ и сбор информации о фактическом состоянии. Документация на бумажных носителях, находящаяся в архивах, с течением времени приходит в негодность, а изменения, происходящие в процессе эксплуатации, не всегда своевременно документируются, поскольку данные распределены в базах данных и файлах различных информационных систем и не связаны между собой. В результате отсутствует оперативный доступ к актуальной информации,

необходимой для принятия взвешенных управленческих решений.

Из-за отсутствия исходных данных для подготовки проектов реконструкции тратится время на поиск достоверной информации и выезд специалистов проектных отделов на объект. Все это ведет к увеличению себестоимости проектных работ и времени на принятие решений.

К требованиям и задачам проектной деятельности относятся следующие:

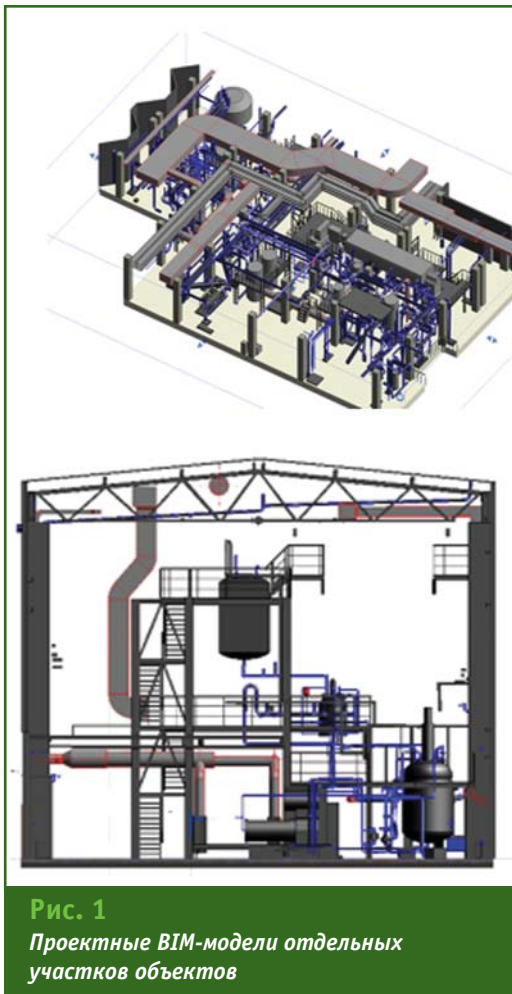
— исключение пространственных коллизий при планировании строительно-монтажных работ — определение точного пространственного поло-

жения технологического оборудования;

— определение конфигурации нового объекта с учетом существующей инфраструктуры — создание исполнительных трехмерных моделей;

— задачи «обратного инжиниринга» — формирование as-built модели реального (фактического) состояния объекта.

Применение наземного лазерного сканирования совместно с технологией информационного моделирования (ТИМ / BIM) может дать очень хорошие результаты. BIM-модели стали неотъемлемой частью проектных работ (рис. 1). Лазерное сканирование является ключевым способом сбора информа-



**Рис. 1**  
Проектные BIM-модели отдельных участков объектов

Faro и Trimble обеспечивают высокую скорость сканирования. Программное обеспечение Trimble RealWorks решает вопрос быстрой и точной регистрации данных сканирования отдельных участков поверхности и позволяет выполнить их сшивку (объединение) без марок в единое облако точек, что значительно увеличивает скорость полевых работ, так как нет необходимости расставлять марки по объекту. Одним из основных достоинств метода лазерного сканирования является возможность получить полную геометрическую информацию об объекте. Это помогает значительно сэкономить время и средства по сравнению с традиционными методами крупномасштабной топографической съемки при инженерных изысканиях.

Лазерное сканирование уже зарекомендовало себя как ключевой метод по сбору информации для поддержки принятия решений при подготовке проектной документации по техническому перевооружению промышленных объектов на площадках ПАО «Сибур». При этом

наземное лазерное сканирование имеет ряд ограничений: невозможно выполнить измерения объекта «сверху» и под многоуровневыми эстакадами.

Появление доступных беспилотных воздушных судов (БВС), например, квадрокоптеров, оснащенных ГНСС-платами геодезического класса точности и цифровыми фотокамерами с матрицами CMOS с высоким разрешением, а также программного обеспечения для фотограмметрической обработки цифровых снимков позволяет активно применять фотограмметрический метод совместно с лазерным сканированием. Целью совмещения данных является дополнение информации лазерного сканирования фотограмметрическими данными, полученными с помощью БВС (рис. 2). Это обеспечивает создание полноценной картины состояния объекта.

Для решения этих задач в проектах на технологических площадках Кстово, Полиэф, Химпром при съемке наружных частей технологических установок и эстакад строилась трехмерная модель по облакам

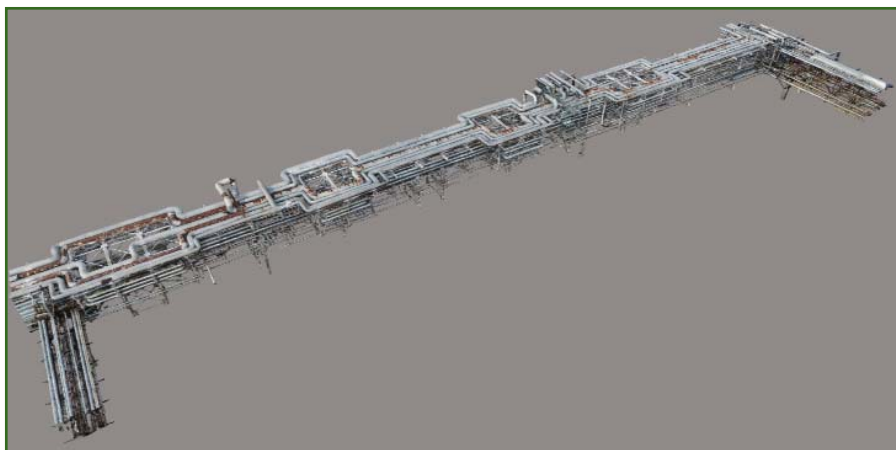


**Рис. 2**  
Фотоизображение объекта «сверху», полученное цифровой камерой квадрокоптера

точек, полученным по результатам наземного лазерного сканирования и фотограмметрическим методом по фотоснимкам с БВС.

Фотосъемка выполнялась квадрокоптером DJI Phantom 4 Pro с двухчастотной ГНСС-антенной геодезического класса точности и цифровой камерой с матрицей 1 дюйм и с разрешением 20 Мпикселей. Привязка фотоснимков в плане и по высоте осуществлялась по опорным знакам, расположенным на территории площадки с шагом 30 м на горизонтальных и вертикальных плоскостях. Координаты опорных знаков определялись тахеометром или ГНСС-приемником. С БВС проводилась надирная и перспективная фотосъемка. Высота полета от 15 до 25 м обеспечивала получение цифрового фотоснимка с разрешением 5–8 мм на пиксель, что сопоставимо со средней плотностью съемки сканером (шаг между точками облака 5–10 мм). Также выполнялось лазерное сканирование опорных знаков, тем самым было обеспечено определение взаимного положения облаков точек, полученных фотограмметрическим методом и наземным лазерным сканированием с точностью 1 см.

Таким образом, съемка значительной по площади поверхности и расположенных на ней объектов с помощью БВС и наземного лазерного сканера, выполненная в одной системе координат, позволяет в программе обработки провести совместное уравнивание координат облаков точек, где наибольший вес имеют данные лазерного сканирования, а фотограмметрические данные уточняют их. После уравнивания облака точек совмещаются в единое облако точек без теневых (невидимых) зон как «сверху», так и под многоуровневыми эстакадами.



**Рис. 3**

*3D модель участка эстакады, полученная по результатам лазерного сканирования и данным фотограмметрической обработки*

Текстурированная модель создается в одном из форматов, например, OBJ или FBX (рис. 3, 4). Также, трехмерную модель можно получить с помощью открытой платформы для геопространственных 3D приложений Ceziium, затем разместить ее на сервере заказчика и просматривать с любого устройства в сети Интернет, так как текстурированная модель занимает меньший объем памяти, чем облако точек.

Описанная выше методика помогает достичь лучших результатов и полноты данных.

Таким образом, разработанная технология обработки данных дает возможность успешно совмещать результаты лазерного сканирования и фотограмметрические данные. При построении трехмерной модели объектов облако точек лазерного сканирования имеет высокую точность и служит каркасом, а фотограмметрические данные обеспечивают удобный визуальный просмотр. Также текстурированные 3D модели можно размещать на сервере с предоставлением доступа пользователям через сеть Интернет, в том числе с мобильных устройств.

Использование в ПИ «Союзхимпромпроект» технологии лазерного сканирования и



**Рис. 4**

*3D модели участка эстакады и резервуаров с высокой детализацией и фотографической визуализацией*

фотограмметрических методов сбора и обработки пространственных данных позволяет обеспечивать точную и своевременную поддержку принятия решений при осуществлении проектной деятельности по техническому перевооружению промышленных объектов ПАО «Сибур».