

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ОБМЕРНЫХ РАБОТ И ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**Е.С. Богданец, В.В. Мусихин**

Пермский государственный технический университет

Изложена проблема обмеров в условиях действующего промышленного предприятия. Описаны технологии по выполнению бесконтактных обмеров и обследования зданий и сооружений. Представлены преимущества технологии наземного лазерного сканирования по отношению к электронным тахеометрам.

Бурный рост строительства и реконструкции промышленных зданий привел к серьезной конкуренции среди компаний, оказывающих услуги в этой сфере. Следствием этого явилось предъявление повышенных требований заказчиков к качеству и скорости работ.

В наши дни по-прежнему наиболее актуальным является вопрос реконструкции старых, а порой и ветхих промышленных объектов.

Обмеры зданий, внутренних помещений, отдельных конструкций составляют значительную часть всего комплекса реконструкционных работ. Существует ряд геодезических методов проведения обмеров и многие из них описаны в учебной и технической литературе. Однако роль данных методов долгое время оставалась вспомогательной. Львиная же доля обмеров, особенно внутри зданий, выполнялась вручную. Такое положение вещей было во многом закономерно, поскольку по производительности традиционные геодезические технологии, основанные на применении оптических приборов, не удовлетворяли существую-

щим требованиям, хотя и позволяли повысить точность обмеров. Необходимо отметить, что зачастую обмеры в условиях действующего промышленного предприятия являются весьма трудоемким процессом, учитывая такие факторы, как: плотная застройка, высокие здания, большое количество подвижных промышленных элементов (конвейеры, погрузчики и т.д.). Все это является причиной того, что на многих предприятиях нет возможности выполнять обмеры вручную, это приводит к отсутствию актуальных обмерных чертежей и планов. Недостаток реалистичной пространственной информации о технологических узлах предприятий создает целый ряд проблем, а именно:

- при проведении плановых реконструкций предприятий использование традиционных чертежей оборудования является помехой для минимизации временных и финансовых затрат на выполнение проектов модернизации. Недостаток подробных и, самое главное, правильных данных о реальной конфигурации зданий предприятий и внутрицеховых производственных мощностей – причина ошибок в новых проектах и, как следствие, при строительстве объектов. Исправление этих ошибок влечет за собой дополнительное незапланированное финансирование работ по проектам реконструкции;

- все структурные подразделения предприятия не имеют в своем распоряжении единую модель предприятия, что приводит к принятию различными службами несогласованных, а зачастую и прямо противоречащих друг другу решений;

– отсутствие данных о реальном положении и конфигурации производственного и технологического оборудования чрезвычайно осложняет процесс предотвращения аварийных ситуаций, а также их ликвидацию.

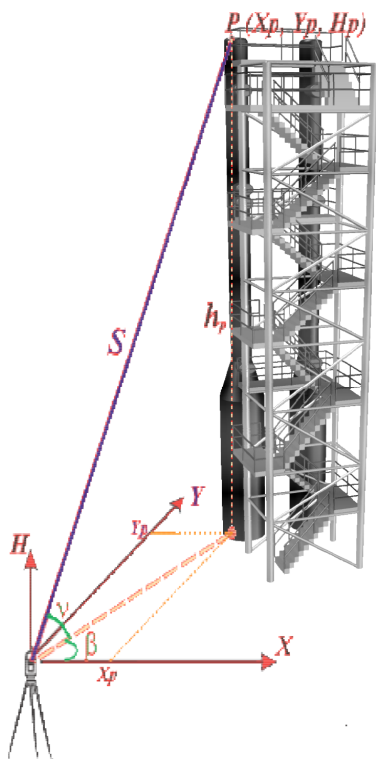


Рис.1. Схема определения координат методом пространственной полярной засечки

Все принципиально изменилось с появлением лазерной безотражательной техники и мощных компьютеров. Современные технологии позволяют выполнять бесконтактные обмеры зданий и конструкций. В настоящее время существуют две технологии выполнения лазерных бесконтактных обмеров. Первая основывается на применении безотражательных инженерных электронных тахеометров, а вторая – на применении наземного лазерного сканирования.

В основе обеих технологий находится задача определения пространственных координат

объекта. Принцип работы лазерного сканера и электронного тахеометра одинаков. В том и другом случае реализуется метод пространственной полярной засечки (рис. 1) – измеряются горизонтальные  $\beta$ , вертикальные  $\gamma$  углы и наклонные расстояния  $S$  до точек на поверхности объекта.

По результатам измерений вычисляется пространственное положение ( $Xp$ ,  $Yp$ ,  $Zp$ ) съемочных точек в системе координат тахеометра:

Координаты

Ошибки координат

$$Xp = S \cdot \cos(v) \cdot \cos(\beta); \quad m_{Xp} = \sqrt{(\cos(v) \cos(\beta))^2 m_s^2 + (S \sin(v) \cos(\beta))^2 m_v^2 + (S \cos(v) \sin(\beta))^2 m_\beta^2};$$

$$Yp = S \cdot \cos(v) \cdot \sin(\beta); \quad m_{Yp} = \sqrt{(\cos(v) \sin(\beta))^2 m_s^2 + (S \sin(v) \sin(\beta))^2 m_v^2 + (S \cos(v) \cos(\beta))^2 m_\beta^2};$$

$$Zp = S \cdot \cos(v) \cdot \tan(v) = S \cdot \sin(v); \quad m_{Zp} = \sqrt{\sin^2(v) m_s^2 + (S \cos(v))^2 m_v^2}.$$

где  $m_{Xp}$ ,  $m_{Yp}$ ,  $m_{Zp}$  – соответственно ошибки координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ;  $m_s$ ,  $m_\beta$ ,  $m_v$  – соответственно ошибки наклонного расстояния  $S$ , горизонтального угла  $\beta$  и угла наклона  $v$ .

Наиболее инновационным и прогрессирующим является наземное лазерное сканирование. Сотрудниками и студентами кафедры МДГ и ГИС с 2005 года широко используется лазерный сканер HDS-3000 (Leica – Швейцария). На протяжении трех лет работ был накоплен немалый опыт в сфере лазерного сканирования. Проведенные научно-исследовательские работы позволили выявить ряд преимуществ, порой неоспоримых, использования лазерного сканера по сравнению с тахеометром.

Основное отличие технологии лазерного сканирования от использования тахеометра (рис. 2) – это большая скорость измерений. Производительность работы лазерного сканера составляет 5000 измерений в секунду. На практике полдня работы сканера в среднем равняется двум-трем полным рабочим дням измерений обычным тахеометром. Плотность производимых измерений исчисляется десятками точек на  $1 \text{ см}^2$  поверхности здания против 1 точки на  $10 \text{ м}^2$  площади этого же объекта, измеряемого с помощью тахеометра. Использование трехмерного лазерного сканера практически полностью исключает наличие человеческого фактора в погрешности измерений. Средняя точность измерений и построений находится в пределах до 5 мм.

Полученные данные могут храниться в виде снимков (сканов) (рис. 3) неограниченное количество времени и в



дальнейшем могут быть обработаны и переведены в формат обмерных чертежей без дополнительного исследования объекта. Эту же особенность технологии можно использовать при проведении мониторинга технического состояния зданий и сооружений. Сравнение результатов сканирования одного и того же объекта в разные периоды времени дает четкую картину произошедших изменений.

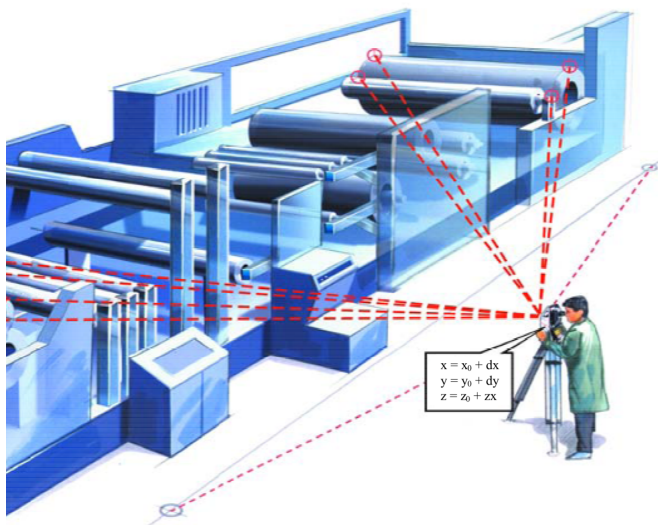


Рис. 2. Обмер с использованием безотражательного электронного тахеометра

В последние годы был выполнен ряд проектов с использованием лазерного сканера, таких как мониторинг нефтеперерабатывающего завода г. Урай (рис. 4), создание 3-D модели обогатительной фабрики БКПРУ-2 (рис. 5) и другие. Результаты обмеров сооружений могут быть использованы для решения целого ряда задач: инвентаризация оборудования, обнаружение проектных несоответствий, проектирование дополнительных установок, деформационный мониторинг сооружений, виртуальное представление предприятия в презентациях и многое, многое другое.

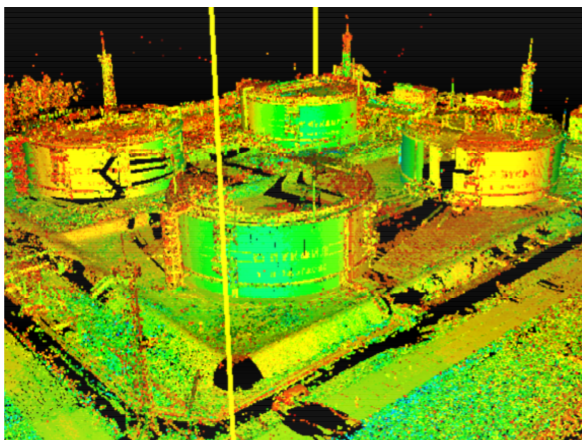


Рис. 3. Скан парка РВС-10000

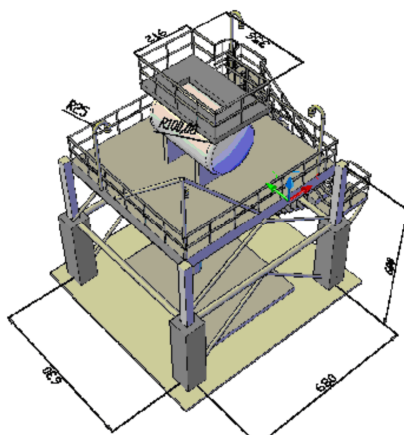


Рис. 4. Фрагмент 3-D модели НПЗ, г. Урай

Существующая на сегодняшний день система технического документооборота весьма далека от совершенства. Основой для построения новой системы технического документооборота является создание цифровой трехмерной модели внутреннего пространства производственных помещений, включая производственное и технологическое оборудование, а также элементы промышленной архитектуры.

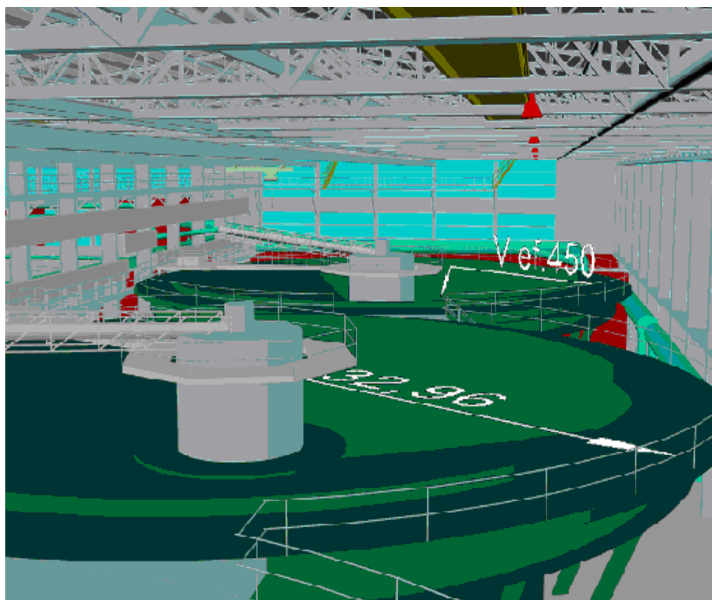


Рис. 5. Фрагмент 3-D модели обогащительной фабрики БКПРУ-2

Внедрение технологии лазерного сканирования в России является чрезвычайно важной задачей, поскольку применение новейших методик позволит существенно упростить процесс получения результатов и сделать данные об объектах наиболее полными. Применение данной технологии приносит ощутимый экономический эффект, базирующийся на экономии времени и трудозатрат, а также на полноте и точности измерений.

### Список литературы

1. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
2. ГОСТ 26433.2-94. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений.