

## *ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО 3D СКАНЕРА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ*

**А.Н. СЕКИСОВ, Н.Д. ИЗОТОВ**

*Кубанский государственный технологический университет,  
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;  
электронная почта: alnikkss@gmail.com*

В настоящее время в городах имеется большое количество памятников архитектуры, которые нуждаются в реконструкции. Создание обмерочных чертежей очень трудоемкий длительный процесс, так как он осложняется большим количеством архитектурных элементов, таких как пилястры, капители и т.д. Лазерное 3D сканирование сильно ускорит процесс, делая его менее трудоемким. Задача работы, обратить внимание на возможности наземного лазерного сканирования (НЛС) и рекомендации его применения при реконструкции памятников архитектуры. Система наземного лазерного сканирования состоит из НЛС, полевого персонального компьютера со специализированным программным обеспечением, лазерного дальномера, адаптированного для работы с высокой частотой и блока развертки лазерного луча. Блоком развёртки в НЛС является сервопривод и полигональное зеркало или призма. Сервопривод отклоняет луч на заданную величину в горизонтальной плоскости, при этом поворачивается вся верхняя часть сканера. Развёртка в вертикальной плоскости осуществляется за счёт вращения или качания зеркала. В процессе сканирования фиксируется направление распространения лазерного луча и расстояние до точек объекта. Результатом работы НЛС является растровое изображение-скан. В ходе анализа возможностей НЛС, были выявлены и представлены основные его достоинства, которые пригодятся при реконструкции зданий.

**Ключевые слова:** лазерное 3D сканирование, наземное лазерное сканирование (НЛС), программное обеспечение, памятники архитектуры.

В век современных технологий использование инновационных приборов и технологий в разы упростит и в тоже время ускорит работу архитекторам и проектировщикам при разработке проектов реконструкции памятников архитектуры [1, 2]. Одной из основных новых возможностей, которые открывают перед проектировщиками – это виртуальное прогнозирование всех этапов жизненного цикла на стадии проектирования, проводимое с помощью, так называемой, исследовательской модели.

В условиях слабо регулируемой хозяйственной деятельности все чаще в процессе реконструкции центральной части города историческая застройка уничтожается из-за высокой стоимости земельных участков, а иногда и из-за экономической нецелесообразности реконструкции, нанося тем самым

невосполнимый ущерб городу. Такая практика характерна, к сожалению, для многих городов нашей страны. Во все времена правительство очень трепетно относилось к архитектурным постройкам, потому что памятники архитектуры отображают величество и уникальность страны. Они показывают стиль тех времен, когда были возведены. И, безусловно, каждое творение архитектора любой эпохи прекрасно по-своему.

В соответствии с данными ЗАО “Научно-производственное предприятие НАВГЕОКОМ” в большинстве случаев, реконструируемые здания являются памятниками архитектурного наследия XVII – XX веков, и в связи с этим проектировщики стараются заменять конструктивные элементы и коммуникации, делать перепланировку, сохранив внешний вид здания.

При составлении рабочей документации и разработки проекта сохранения внешнего вида здания проектировщик и архитектор должны иметь подробные обмерочные чертежи фасадов, которые либо отсутствуют, либо не совпадают с действительностью. Поэтому целесообразно использовать в этой области инновационную технологию 3D лазерного сканирования, которая дает возможность при минимальных временных затратах получить подробные трехмерные данные с высокой точностью, на основе которых в современном программном обеспечении строятся 3D модели и чертежи.

Система наземного лазерного сканирования состоит из НЛС и полевого персонального компьютера со специализированным программным обеспечением. НЛС состоит из лазерного дальномера, адаптированного для работы с высокой частотой, и блока развертки лазерного луча. В качестве блока развёртки в НЛС выступают сервопривод и полигональное зеркало или призма. Сервопривод отклоняет луч на заданную величину в горизонтальной плоскости, при этом поворачивается вся верхняя часть сканера, которая называется головкой. Развёртка в вертикальной плоскости осуществляется за счёт вращения или качания зеркала.

В процессе сканирования фиксируется направление распространения лазерного луча и расстояние до точек объекта. Результатом работы НЛС

является растровое изображение-скан, значения пикселей которого представляют собой элементы вектора со следующими компонентами: измеренным расстоянием, интенсивностью отражённого сигнала и RGB-составляющей, характеризующей реальный цвет точки. Для большинства моделей НЛС характеристики реального цвета для каждой точки получается с помощью неметрической цифровой камеры.

Другой формой представления результатов наземного лазерного сканирования является массив точек лазерных отражений от объектов, находящихся в поле зрения сканера, с пятью характеристиками, а именно пространственными координатами (x,y,z), интенсивностью и реальным цветом.

В основу работы лазерных дальномеров, используемых в НЛС, положены импульсный и фазовый безотражательные методы измерения расстояний, а также метод прямой угловой развёртки (триангуляционный метод) [3].

Принцип действия наземных лазерных сканеров показан на рисунке 1.

#### **Импульсный метод измерения расстояния.**

Импульсный метод измерения расстояний основан на измерении времени прохождения сигнала от приёмо-передающего устройства до объекта и обратно.

Зная скорость распространения электромагнитных волн  $c$ , можно определить расстояние как:

$$R = c * \tau / 2,$$

где  $\tau$  — время, измеряемое с момента подачи импульса на лазерный диод до момента приёма отражённого сигнала.

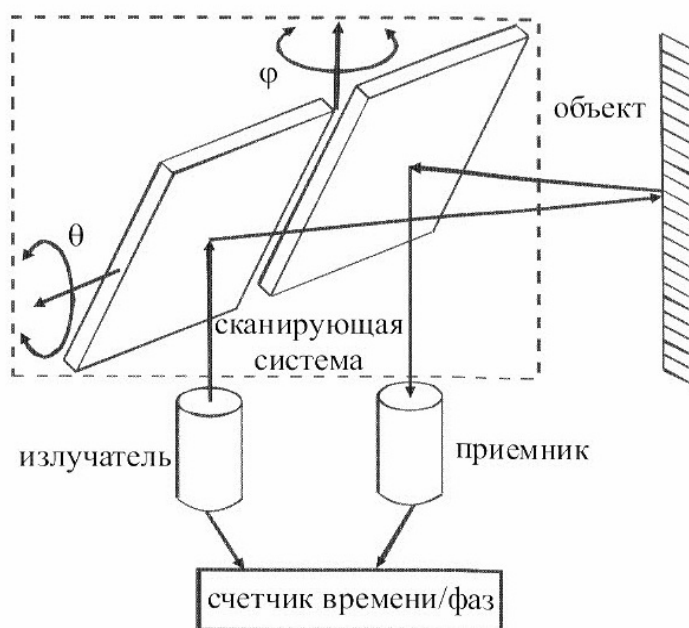


Рисунок 1 – Принцип импульсного/фазового метода измерения расстояний

Импульсный метод измерения расстояний по точности уступает фазовому методу.

Это происходит потому, что фактическая точность каждого измерения зависит от ряда параметров, каждый из которых может оказать влияние на точность конкретного измерения. Таковыми параметрами являются:

- длительность и форма (в частности, крутизна переднего фронта) зондирующего импульса
- отражательные характеристики объекта
- оптические свойства атмосферы
- текстура и ориентация элементарной поверхности объекта вызвавшей отражение зондирующего луча по отношению к линии визирования

### **Фазовый метод измерения расстояний**

Фазовый метод измерения расстояний основан на определении разности фаз посылаемых и принимаемых модулированных сигналов. В этом случае расстояние вычисляется по формуле:

$$R = \varphi_{2R} * c / (4\pi * f),$$

где  $\varphi_{2R}$  — разность фаз между опорным и рабочим сигналом,  
 $f$  — частота модуляции.

Режим работы фазоизмерительного устройства зависит от его температуры, с изменением которой незначительно изменяется фаза сигнала. Вследствие этого точное начало отсчета фазы определить нельзя. С этой целью фазовые измерения повторяются на эталонном отрезке (калибровочной линии) внутри прибора. Главное преимущество фазового метода измерения – более высокая точность, которая может достигать единиц миллиметров.

Трехмерное или 3d-сканирование – это процесс перевода физической формы реального объекта в цифровую форму, трехмерной компьютерной модели объекта. Сферы применения 3D лазерного сканирования.

1. Трехмерное сканирование при реконструкции зданий и сооружений, реставрации памятников архитектуры, а также объектов монументального искусства: позволяет получить точные и качественные сведения в виде 3D модели о конструкциях, элементах декора, фасадах, помещениях с указанием цвета, формы, объема.

2. Сканирование трубопроводов, коммуникаций на предприятиях и создание трехмерных моделей инженерных сетей для инвентаризации и модернизации. Трехмерная модель позволяет оперативно получать информацию о местоположении, диаметре и материале, назначении любого трубопровода и арматуры.

3. Позволяет бесконтактно получить точные сведения о конструкциях зданий и сооружений: сечениях, наличии кренов и прогибов, особенностях конструктивных решений узлов сопряжения элементов.

4. 3D сканирование и моделирование технологического оборудования – используется при взаимоувязке и переносе оборудования, особенно в отсутствие технической документации. Точная пространственная модель дает полную и наглядную техническую информацию о параметрах технологического оборудования.

5. Трехмерное сканирование в создании исполнительных схем при строительстве — позволяет осуществлять строительный контроль поэтапно, с наглядной пространственной визуализацией результатов.

После натурных работ с 3D сканером (в соответствии с рабочей инструкцией по проведению съемочных работ с использованием наземной лазерной сканирующей системы) наступает этап камеральных работ, в которых с помощью современного программного обеспечения создается BIM модель здания. BIM переводится, как «информационное моделирование здания».

Эта модель используется не для конкретной цели проекта (например, получения проектной документации), а имеет более широкое предназначение, но не требует детализации конкретного проекта. В частности, таким способом можно решать задачи оптимизации отдельных проектных решений, что раньше производилось вручную. Исследовательская модель — своего рода экспериментальная площадка для проектировщика. В результате ее использования становится более точным и качественным анализ различных проектных вариантов, поскольку появляется возможность произвести необходимые расчеты сразу после моделирования возникшего замысла и по ним увидеть преимущества того или иного архитектурного, конструкторского, инженерного, энергосберегающего или иного решения.

Внедрение BIM на российском рынке проектирования возможно при одновременном воздействии многих факторов, таких как:

- государственная законодательная поддержка,
- готовность профессиональных сообществ поддерживать стандарты BIM на всех этапах жизненного цикла объекта,
- и даже желание заказчика.

При этом решение об использовании технологии BIM пока является добровольным выбором каждой отдельной компании, основанным, в идеале, на прагматической оценке собственных возможностей и на стремлении увеличить конкурентоспособность строительных фирм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Секисов А.Н. Роль процесса формирования издержек производства в производственных системах // Экономика и предпринимательство. 2015. № 7 (60). С. 503-507.

2. Секисов А.Н. Теоретические аспекты формирования издержек производства в условиях рыночных отношений // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2012. № 3 (104). С. 178-187.

3. Трехмерный лазерный сканер: принцип работы и область применения. [Электронный ресурс] - URL: [http://www.ria-stk.ru/mi/adetail.php?ID=8303&sphrase\\_id=1733500](http://www.ria-stk.ru/mi/adetail.php?ID=8303&sphrase_id=1733500) (дата обращения 15.07.2016).

## REFERENCES

1. Sekisov A.N. Rol protsessa formirovaniya izderzhkek proizvodstva v proizvodstvennykh sistemakh // Ekonomika i predprinimatelstvo. 2015. № 7 (60). S. 503-507.

2. Sekisov A.N. Teoreticheskie aspekty formirovaniya izderzhkek proizvodstva v usloviyakh rynochnykh otnosheniy // Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 5: Ekonomika. 2012. № 3 (104). S. 178-187.

3. Trekhmernyy lazernyy skaner: printsip raboty i oblast primeneniya. [Elektronnyy resurs] - URL: [http://www.ria-stk.ru/mi/adetail.php?ID=8303&sphrase\\_id=1733500](http://www.ria-stk.ru/mi/adetail.php?ID=8303&sphrase_id=1733500) (data obrashcheniya 15.07.2016).

*USING LASER SCANNER 3D UNDER RECONSTRUCTION  
OF ARCHITECTURAL MONUMENTS*

**A.N. SEKISOV, N.D IZOTOV**

*Kuban State Technological University,  
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,  
e-mail: alnikkss@gmail.com*

Currently, the city has a large number of architectural monuments in need of renovation. Creating drawings obmerochnyh very laborious time consuming process because it is complicated by the large number of architectural elements such as pilasters, kapytel, etc. Laser 3D scanning greatly speed up the process, making it less time-consuming. The objective of the work, pay attention to the possibility of terrestrial laser scanning (TLS) and the recommendations of its use in the reconstruction of architectural monuments. Terrestrial

laser scanning system consists of a TSL, field PC with specialized software, a laser rangefinder adapted to operate at a high frequency and scanner laser beam. Bloc sweep in TLS is a servo drive and a polygonal mirror or prism. The servo beam deflects by a predetermined amount in the horizontal plane, the entire upper part is rotated scanner. Sweep in the vertical plane is carried out by rotating or swinging mirror. During scanning, fixed the direction of propagation of the laser beam and the distance to the object points. The result of the TSL is a bitmap-scan. During TLS analysis capabilities have been identified and presented its basic dignity, which will be useful in the reconstruction of buildings.

**Key words:** laser 3D scanning, terrestrial laser scanner, software, architectural monument.