

## НЕОБХОДИМОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В BIM

**Б.А. ХАХУК, А.А. КУШУ, А. М.-А. АХМЕТОВ, Д.А. ФОМИНОВА**

*Кубанский государственный технологический университет,  
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,  
электронная почта: fominova5885@gmail.com*

В данной статье будет рассмотрено устройство лазерного сканера, его характеристики и применение в Building Information Model. Материальные затраты по сбору данных и моделированию объекта методами трехмерного наземного лазерного сканирования на небольших участках и объектах сопоставимы с традиционными методами съемки, а на участках большой площади или протяженности - ниже. Даже при сопоставимых расходах на съемку, полнота и точность результатов наземного лазерного сканирования позволяют избежать дополнительных расходов на этапах проектирования, строительства и эксплуатации объекта. Лазерное сканирование позволяет получить фактическую трехмерную модель объекта, которую в будущем смогут использовать различные структуры строительного комплекса (отдел эксплуатации, строительного контроля, реконструкции, реставрации, отдел капитального строительства, отдел генплана).

**Ключевые слова:** Лазерное сканирование в BIM, Building Information Model, BIM технологии, строительство.

В основе технологии трехмерного лазерного сканирования лежит метод определения множества трехмерных координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  отдельных точек на снимаемом объекте. Измерения выполняются с помощью высокоскоростного лазерного дальномера. Для перехода на следующий узел мнимой сетки луч лазерного дальномера после каждого замера разворачивается системой зеркал на некоторый заданный угол. Повышение плотности узлов в этой сетке увеличивает количество снятых точек и детализирует съемку.[1]

Дальномер имеет высокую скорость измерений - от нескольких сотен до десятков тысяч операций в секунду. Координаты точек, полученные в результате сканирования объекта, объединяются в большие группы точек (от сотен до миллионов), называемые на практике облаками точек.

Самые распространенные сегодня модели лазерных сканеров используют импульсный лазерный дальномер. Отклонение лазерного луча в вертикальном направлении осуществляется шаговым электромотором с закрепленным на нем

зеркалом. В горизонтальном направлении луч лазера отклоняется путем вращения самого сканера (рис.8). Такая схема позволяет охватить все окружающее сканер пространство. Например, в лазерном сканере Leica Scan Station поле зрения составляет 360° по горизонтали и 270° по вертикали (рис.9).

Угловая точность шаговых электромоторов, управляющих вращением сканера и зеркала, наряду с точностью лазерного безотражательного дальномера, являются важной составляющей точности получаемых координат точек.[2]

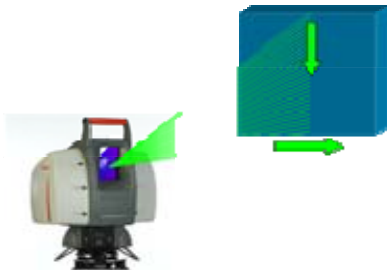


Рис. 1 Принцип действия лазерного сканера.



Рис. 2 Дизайн двух окон.

Определив дальномером расстояние и зная угол отклонения лазерного луча в горизонтальной и вертикальной плоскостях, можно получить трехмерные координаты каждой точки. Они будут находиться в системе координат сканера.[3]

С помощью дополнительных операций и специализированного программного обеспечения можно будет привязать полученное облако точек к любой требуемой системе координат.

Многие модели наземных лазерных сканеров обладают встроенной цифровой фотокамерой.[4]

С ее помощью можно выполнить фотосъемку окружения прибора. Получив панорамную фотографию объекта, пользователь сможет взять из нее только то, что требуется, избежав сканирования лишних фрагментов и, следовательно, потерь рабочего времени.

Как и в любой современной технологии, важную роль в этой играет компьютер. Он служит управляющим и запоминающим устройством для лазерного сканера. Подключившись к нему с помощью кабеля, мы можем выбирать на экране область сканирования, задавать нужную плотность съемки, производить фотосъемку объекта, задавать координаты точки стояния сканера, отслеживать текущее состояние процесса сканирования, управлять сохранением результатов. [5]

Технология съемки с применением лазерного сканера зависит от геометрии и типа снимаемого объекта. Для достижения результата иногда приходится многократно переставлять сканер с точки на точку, выполняя съемку отдельных деталей и фрагментов. Причина - наличие мертвых зон, возникающих из-за различных обстоятельств. Поэтому нередко возникает необходимость привести отснятый материал к единой системе координат. Для этого во время съемки на объекте или рядом с ним устанавливаются марки, с помощью которых производится объединение облаков точек, [6] полученных с различных точек сканирования. Для пространственной трансформации облаков требуется, как минимум, три марки на каждую точку установки сканера. Эти три точки с марками должны быть видны со смежных точек. Сам процесс объединения облаков точек выполняется в специализированном программном обеспечении.

Сканирование не является конечной целью работы, это лишь один из методов достижения необходимого результата. Здесь важно заранее определить, нужна ли трехмерная модель объекта или же достаточно составления чертежа - от этого будет зависеть плотность получаемых точек и, как следствие, время на сканирование. При необходимости детального описания объекта мы получаем большой массив данных в виде облаков точек (рис.10).

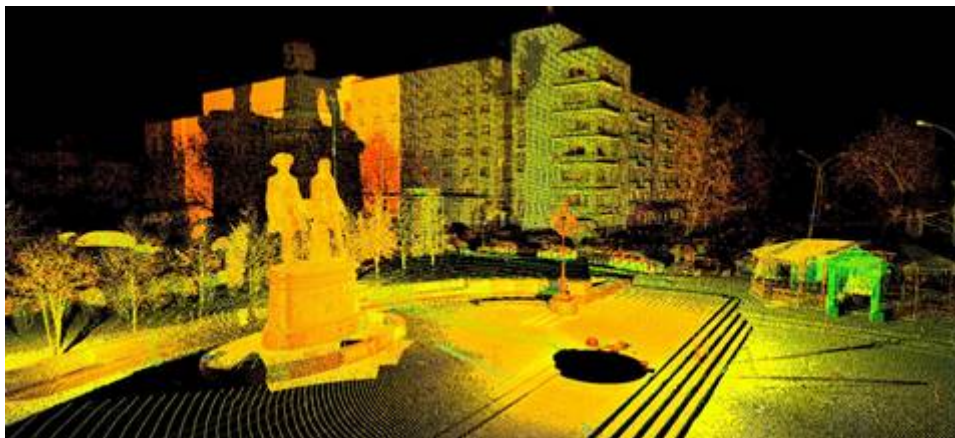


Рис. 3 Пример облака точек.

Следующий этап работы - выделение из полученного набора данных той информации, на основании интерпретации которой мы придем к конечному результату. Это может быть, допустим, разрез объекта в нужной плоскости или его трехмерная модель с использованием набора графических элементов. На экране достаточно просто измерить расстояние там, куда невозможно отправить человека с рулеткой, а также составить чертеж по результатам сканирования. В рамках специального программного обеспечения можно создавать анимацию с облетом полученных облаков точек трехмерной модели. При этом необходимо учитывать, что огромные массивы данных, состоящих из десятков миллионов точек, занимающие гигабайты на накопителях, предъявляют повышенные требования к быстродействию компьютеров и емкости накопителей информации.

В большинстве конструкций сканеров используется импульсный лазерный дальномер. На пути к объекту импульсы лазерного излучения

<http://ntk.kubstu.ru/file/2009>

проходят через систему зеркал, которые осуществляют пошаговое отклонение лазерного луча. Наиболее распространенной является конструкция, состоящая из двух подвижных зеркал. Одно из них отвечает за вертикальное смещение луча, а другое – за горизонтальное. Зеркала сканера управляются прецизионными сервомоторами, в конечном итоге, они и обеспечивают точность направления луча лазера на снимаемый объект. Зная угол разворота зеркал в момент наблюдения и измеренное расстояние, процессор вычисляет координаты каждой точки.

Все управление работой прибора осуществляется с помощью портативного компьютера со специальными программами. Полученные значения координат точек из сканера передаются в компьютер по интерфейсному кабелю и накапливаются в специальной базе данных. Сканер имеет определенную область обзора или, другими словами, поле зрения.

Предварительное наведение сканера на исследуемые объекты происходит либо с помощью встроенной цифровой фотокамеры, либо по результатам предварительного разряженного сканирования. Изображение, получаемое цифровой камерой, передается на экран компьютера, и оператор осуществляет визуальный контроль ориентирования прибора.[7] Сканирование может производиться как сразу всего поля зрения, так и лишь какой-то его части. Поэтому фотоизображение может быть использовано для выделения из общей картины нужных локальных областей.

Работа по сканированию часто происходит в несколько сеансов, во-первых, из-за ограниченного поля зрения, во-вторых, из-за формы объектов, когда все поверхности просто не видны с одной точки наблюдения. Самый простой пример - четыре стены здания. Полученные с каждой точки стояния сканы совмещаются в единое пространство в специальном программном модуле. Для обеспечения процесса совмещения еще на стадии полевых работ необходимо предусмотреть получение сканов с зонами взаимного перекрытия. При этом перед началом сканирования в этих зонах нужно разместить специальные мишени. Это является весьма существенным моментом при <http://ntk.kubstu.ru/file/2009>

планировании работ. По координатам этих мишеней и будет происходить процесс "сшивки". Можно совместить облака точек без специальных мишеней, используя лишь характерные точки снимаемого объекта, которые должны легко опознаваться на сканах, но при этом, чаще всего, неизбежны потери точности. [9]

Одной из областей, наиболее ярко открывающих возможности лазерного сканера, является архитектура. Сканирование незаменимо для решения задач сохранения памятников и предметов исторической ценности. Конечно, помимо лазерного сканирования существуют и другие методы сохранения изображений, например, фотография или ее частный случай - стереофото. Однако фотография не содержит трехмерных координат. Стереофотография, сохраняющая объемность изображения, больше всего подходит для визуального восприятия объекта, однако извлечение данных о координатах большого количества точек из стереопары фотографий сопряжено со значительными трудозатратами. Метод же лазерного сканирования дает нам возможность очень быстро провести съемку фасада здания и получить модель исторического объекта с деталями размером до нескольких миллиметров.

Другой пример применения лазерного сканирования - съемка сложных в техническом отношении объектов, особенно, если они давно эксплуатировались, неоднократно подвергались перестройке, но это не всегда оперативно отражалось в документации. [10] Бывает, что чертежи некоторых узлов объекта утеряны. Бывает, что оборудование подлежит модернизации, однако непонятно, поместится ли новая техника на площадях старой. В этих ситуациях эффективно трехмерное лазерное сканирование. Именно оно позволит ответить на все вопросы. Смоделировав реальную ситуацию на компьютере, можно быть уверенным в успехе будущей модернизации. Например, мы можем импортировать в программу обработки модель нового оборудования, совместить ее с облаками точек и увидеть все проблемные участки планируемой модернизации. [11] По сути дела, еще на этапе проектирования можно будет сделать вывод о том, насколько успешно завершится модернизация. [12] Еще одной областью использования наземного <http://ntk.kubstu.ru/file/2009>

лазерного сканирования является съемка карьеров и открытых горных выработок. Оперативный подсчет объемов грунта - важная задача для горнодобывающих предприятий. Она также успешно решается путем применения лазерного сканирования.

В заключение хотелось бы отметить несколько преимуществ данной технологии наземного лазерного сканирования:

1. мгновенная трехмерная визуализация
2. высокая точность
3. несравнимо более полные результаты
4. быстрый сбор данных
5. обеспечение безопасности при съемке труднодоступных и опасных объектов.

Материальные затраты по сбору данных и моделированию объекта методами трехмерного наземного лазерного сканирования на небольших участках и объектах сопоставимы с традиционными методами съемки, а на участках большой площади или протяженности - ниже. Даже при сопоставимых расходах на съемку, полнота и точность результатов наземного лазерного сканирования позволяют избежать дополнительных расходов на этапах проектирования, строительства и эксплуатации объекта. Сравнение временных затрат просто бессмысленно - счет идет на порядки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Перов А.Ю., Ковалева А.А. Анализ рынка фирм по продаже геодезического оборудования // Научные труды Кубанского государственного технологического университета, 2016. № 15. С. 357-370.

2. Бушнева И.А., Безверхова А.Ю., Шевченко Г.Г., Гура Д.А. Об использовании наземного лазерного сканирования для получения фасадных чертежей исследуемых зданий и строений // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2016. № 11. С. 89-97.

3. Грибкова Л.А., Шевчук Е.А., Губская К.В., Полунина Т.М., Галстян К.В. Применение геодезических приборов и технологий при монтаже технологического оборудования // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник) Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2016. № 2. С. 124-127.

4. Пинчук А.П., Шевченко А.А., Голотина Ю.И., Астахова И.А. Основные геодезические работы при строительстве зданий и сооружений // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2016. № 8. С. 75-84.

5. Трехмерный лазерный сканер: принцип работы и область применения // научная статья, Издательство Стандарты и качество // [www.stq.ru](http://www.stq.ru);

6. ЗАО «Проектно – изыскательский Институт ГЕО» // [www.pgeo.ru](http://www.pgeo.ru);

7. Лагода Р.А., Гура Т.А. Внедрение BIM в зарубежных странах // В сборнике: Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры. Сборник статей Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Институт строительства и транспортной инфраструктуры; ФГБОУ ВО «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». 2017. С. 158-162;

8. Шевченко А.А., Мелитонян А.А. Методология создания BIM моделей и творческая составляющая в процессе BIM проектирования // В сборнике: Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры. Сборник статей Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Институт строительства и транспортной инфраструктуры; ФГБОУ ВО «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». 2017. 168-172;

9. Тараненко Д.А., Леонова А.Н. Инновационное моделирование зданий // В сборнике: Проблемы современных интеграционных процессов и пути их



решения сборник статей Международной научно-практической конференции. 2017. С. 78-81;

10. Припутин Н.А., Леонова А.Н. Применение BIM-технологии в строительстве // В сборнике: Молодежь и новые информационные технологии Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых в рамках Программы развития деятельности студенческих объединений Череповецкого государственного университета «РАЙОН IT». 2016. С. 301-304;

11. Соловьева Е.В., Сельвиан М.А. Основные этапы внедрения технологии информационного моделирования (BIM) в строительных организациях // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2016. № 11. С. 110-119;

12. Соловьева Е.В., Совков В.И. BIM-технологии в строительстве: solibri model checker // В сборнике: экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры сборник статей Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Институт строительства и транспортной инфраструктуры; ФГБОУ ВО «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». 2017. С. 272-275.

## REFERENCES

1. Shevchenko G.G., Gura D.A., Perov A.Yu., Kovaleva A.A. Analiz rynka firm po prodazhe geodezicheskogo oborudovaniya // Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta, 2016. № 15. S. 357-370.

2. Bushneva I.A., Bezverkhova A.Yu., Shevchenko G.G., Gura D.A. Ob ispolzovanii nazemnogo lazernogo skanirovaniya dlya polucheniya fasadnykh chertezhey issleduemykh zdaniy i stroeniy // Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2016. № 11. S. 89-97.

3. Gribkova L.A., Shevchuk E.A., Gubskaya K.V., Polunina T.M., Galstyan K.V. Primenenie geodezicheskikh priborov i tekhnologiy pri montazhe tekhnologicheskogo oborudovaniya // Nauka. Tekhnika. Tekhnologii <http://ntk.kubstu.ru/file/2009>

(politekhnicheskiy vestnik) Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (politekhnicheskiy vestnik). 2016. № 2. S. 124-127.

4. Pinchuk A.P., Shevchenko A.A., Golotina Yu.I., Astakhova I.A. Osnovnye geodezicheskie raboty pri stroitelstve zdaniy i sooruzheniy // Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2016. № 8. S. 75-84.

5. Trekhmernyy lazernyy skaner: printsip raboty i oblast primeneniya // nauchnaya statya, Izdatelstvo Standarty i kachestvo // www.stq.ru;

6. ZAO «Proektno – izyskatelskiy Institut GEO» // www.pgeo.ru;

7. Lagoda R.A., Gura T.A. Vnedrenie BIM v zarubezhnykh stranakh // V sbornike: Ekologicheskije, inzhenerno-ekonomicheskie, pravovye i upravlencheskie aspekty razvitiya stroitelstva i transportnoy infrastruktury. Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. FGBOU VO «Kubanskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskij universitet», Institut stroitelstva i transportnoy infrastruktury; FGBOU VO «KubGTU»; Mezhdunarodnyy tsentr innovatsionnykh issledovaniy «OMEGA SCIENCE». 2017. S. 158-162;

8. Shevchenko A.A., Melitonyan A.A. Metodologiya sozdaniya BIM modeley i tvorcheskaya sostavlyayushchaya v protsesse BIM proektirovaniya // V sbornike: Ekologicheskije, inzhenerno-ekonomicheskie, pravovye i upravlencheskie aspekty razvitiya stroitelstva i transportnoy infrastruktury. Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. FGBOU VO «Kubanskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskij universitet», Institut stroitelstva i transportnoy infrastruktury; FGBOU VO «KubGTU»; Mezhdunarodnyy tsentr innovatsionnykh issledovaniy «OMEGA SCIENCE». 2017. 168-172;

9. Taranenko D.A., Leonova A.N. Innovatsionnoe modelirovanie zdaniy // V sbornike: Problemy sovremennykh integratsionnykh protsessov i puti ikh resheniya sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2017. S. 78-81;

10. Priputin N.A., Leonova A.N. Primenenie BIM-tekhnologii v stroitelstve // V sbornike: Molodezh i novye informatsionnye tekhnologii Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh v ramkakh Programmy razvitiya

deyatelnosti studencheskikh obedineniy Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta «RAYON IT». 2016. S. 301-304;

11. Soloveva E.V., Selvian M.A. Osnovnye etapy vnedreniya tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya (VIM) v stroitelnykh organizatsiyakh // Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2016. № 11. S. 110-119;

12. Soloveva E.V., Sovkov V.I. BIM-tekhnologii v stroitelstve: solibri model checker // V sbornike: ekologicheskie, inzhenerno-ekonomicheskie, pravovye i upravlencheskie aspekty razvitiya stroitelstva i transportnoy infrastruktury sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. FGBOU VO «Kubanskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet», Institut stroitelstva i transportnoy infrastruktury; FGBOU VO «KubGTU»; Mezhdunarodnyy tsentr innovatsionnykh issledovaniy «OMEGA SCIENCE». 2017. S. 272-275.

### *NECESSITY OF USING LASER SCANNING IN BIM*

**B.A. HAHUK, A.A. KUSHU, A.M.-A. AKHMETOV, D.A. FOMINOVA**

*Kuban State Technological University,  
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;  
e-mail: fominova5885@gmail.com*

This article will discuss the laser scanner device, its characteristics and application in the Building Information Model. The material costs of collecting data and modeling an object using three-dimensional ground-based laser scanning at small sites and facilities are comparable with traditional survey methods, and in areas of large area or length - lower. Even with comparable shooting costs, the completeness and accuracy of the results of terrestrial laser scanning can avoid additional costs during the design, construction and operation phases of the facility. Laser scanning allows you to obtain the actual three-dimensional model of the object, which in the future will be able to use various structures of the construction complex (operation department, construction control, reconstruction, restoration, capital construction department, general plan department).

**Keywords:** laser scanning in BIM, Building Information Model, BIM technologies, construction.