

*ПРИМЕНЕНИЕ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И BIM ТЕХНОЛОГИЯХ*

**Г.Г. ШЕВЧЕНКО, Д.А. ГУРА, Г.Т. АКОПЯН**

*Кубанский государственный технологический университет,  
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;  
электронная почта: georg00023@yandex.ru*

В данной статье рассматриваются преимущества использования наземного лазерного сканирования в строительстве и BIM технологиях, примеры, а также стадии жизненного цикла объекта, на которых наиболее эффективно использование этой технологии. Рассмотрены положительные стороны этих технологий. В статье рассказывается о случаях, в которых необходим BIM: при контроле за соответствием геометрических параметров, при корректировке проекта в процессе строительства, при исполнительной съёмке в процессе строительства и после его окончания. Возможности, предоставляемые BIM и лазерным сканированием: уменьшение затрат на возведение объекта, возможность визуализации плана, его изменение, без внесения корректировок в документы, уменьшение затрат времени на всех этапах строительства. Все эти положительные стороны детально разобраны на конкретных примерах.

**Ключевые слова:** лазерный сканер, BIM технологии, BIM модель, преимущества, трехмерная модель

До недавнего времени для получения метрической информации об пространственных объектах применялись очень трудоемкие и в полной мере не позволяющие создать детальную трехмерную модель объекта способы. Памятники архитектуры являются одной из первых областей применения технологии наземного лазерного сканирования. В большинстве случаев таким объектам свойственно наличие сложных элементов (например, резные фасады), которые невозможно описать набором простых геометрических примитивов (с помощью цилиндров, сфер, плоскостей и т. д.) [1].

На протяжении последних лет в практику топографо-геодезического производства внедряется технология наземного лазерного сканирования [2].

Наземное лазерное сканирование является самым оперативным и высокопроизводительным средством получения точной и наиболее полной информации о пространственном объекте. Суть технологии сканирования заключается в определении пространственных координат точек объекта. Процесс реализуется посредством измерения расстояния до всех определяемых точек с помощью фазового или импульсного безотражательного дальномера. Измерения производятся с очень высокой скоростью – тысячи, сотни тысяч, а <http://ntk.kubstu.ru/file/2008>

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 сервомоторами. 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.

Продуктом такой съемки является облако точек. Облако точек включает в себя миллионы измерений. Высокий уровень автоматизации наземного сканирования обладает некоторыми отличными возможностями по отношению к другим способам информации. Во-первых, лазерное сканирование может определить координаты, заданные точки объекта в полевых условиях (при сканировании измеряются углы, по которым идет вычисление заданных точек). Затем трехмерная визуализация в режиме настоящего времени позволяет на этапе полевых работ определить нерабочие зоны. Далее при этом методе отсутствует необходимость обеспечения сканирования заданных точек объекта с двух расположений стояния, потому что здесь высокая точность измерения, также при дистанционном получении информации обеспечивается безопасность работника при съемке в опасных и труднодоступных районах [3].

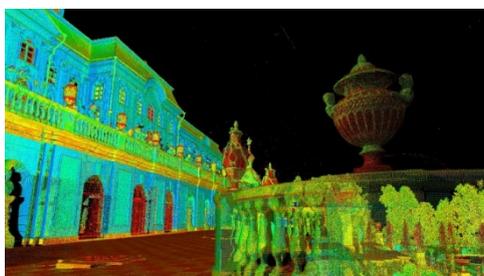


Рисунок 1 – Результат наземного лазерного сканирования (облако точек)

Информационное моделирование зданий (Building Information Modeling, BIM) – это новый тренд, о влиянии которого на специалистов в области геодезии, проектирования и строительства говорят сегодня очень много. Через цифровое изображение здания BIM позволяет управлять физическими и функциональными свойствами этого здания. Для наиболее значительно повышенной эффективности в процессе создания точных интеллектуальных 3D моделей используют преимущества лазерного сканирования [4].

Основным отличием BIM от прочих видов проектирования является сбор и комплексная обработка всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической, эксплуатационной и прочей информации о здании в единой информационной среде (BIM-модели). При этом все элементы модели являются взаимосвязанными и взаимозависимыми, что, по сути, наделяет модель фактором реалистичности (приближенности к реальному зданию и реальной ситуации) [5].

Применения наземного лазерного сканирования в строительстве и BIM технологиях производится в основном следующих случаях:

- При контроле за соответствием геометрических параметров вновь построенных объектов и проектной документации на эти объекты;
- При корректировке проекта в процессе строительства;
- При исполнительной съёмке в процессе строительства и после его окончания;
- При оптимальном планировании и контроле перемещения и установки сооружений и оборудования;
- При мониторинге изменения геометрических параметров эксплуатируемых сооружений и промышленных установок;
- При обновлении генплана и воссоздании утраченной строительной документации действующего объекта.

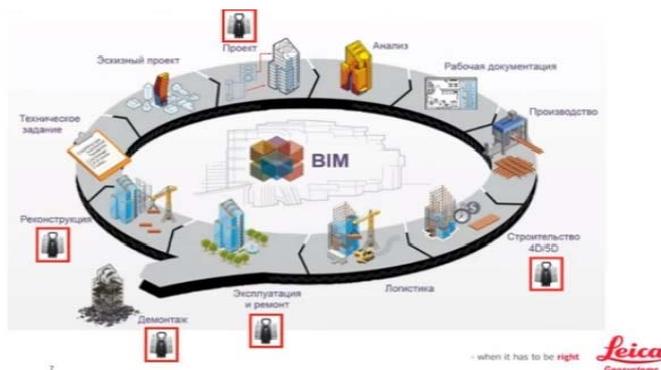


Рисунок 2 – Применение наземного лазерного сканирования на разных стадиях жизненного цикла объекта.

При осуществлении контроля за строительством промышленных и гражданских зданий и сооружений целесообразно использовать лазерное 3D сканирование. Основное преимущество лазерного сканирования в этом случае – оперативность получаемых данных. На объектах с высокими темпами строительства, высокой плотностью и большим количеством объектов контроля необходимо держать бригаду специалистов, ежедневно проводящих геодезические измерения. Помимо высокой стоимости таких работ неизбежен человеческий фактор, приводящий к затягиванию сроков и удорожанию строительных работ. Применение 3D лазерного сканирования позволяет минимизировать влияние человеческого фактора за счет высокой степени автоматизации процесса сбора данных. Мониторинг строительно-монтажных работ с помощью лазерного сканирования позволяет регулярно актуализировать информацию о текущем состоянии строительства, контролировать ход работ, оперативно корректировать календарно-сетевой график. 3D сканирование позволяет быстро получить ответ не только на вопрос «что построено?», но и на вопрос «как построено?». Совмещение моделей «как есть» или «как построено» с проектной моделью «как спроектировано» позволяет выявить коллизии, ошибки строительства на раннем этапе, снизить риски выхода за пределы графика и бюджета строительства. Таким образом, есть возможность создания исполнительной информационной модели непосредственно в процессе строительно-монтажных работ, к концу которых у

<http://ntk.kubstu.ru/file/2008>

вам будет достоверная BIM-модель объекта, готовая к доработке в эксплуатационную [6].

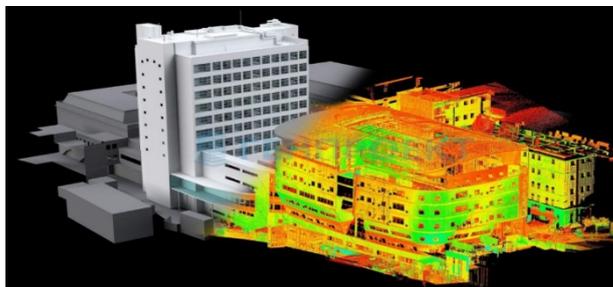


Рисунок 3 – Разработка исполнительной BIM-модели и документации по фактически выполненным строительно-монтажным работам, с применением технологии лазерного сканирования.

При реконструкции цехов и промышленных площадок, насыщенных технологическим оборудованием, большое значение имеет пространственная информация о существующем технологическом оборудовании и строительных конструкциях. Подобная информация может храниться и обрабатываться в виде плоских чертежей на бумажном носителе (которые, к тому же нередко не соответствуют действительности), а может – в виде актуальной трехмерной модели, которая может быть построена с помощью лазерного сканера. Такая 3D модель существующего производства позволяет не только правильно спроектировать реконструкцию, но и существенно (от 0.3% до 10%) снизить затраты на устранение коллизий на этапе строительно-монтажных работ, что в конечном счете удешевляет и ускоряет весь процесс реконструкции предприятия [7].

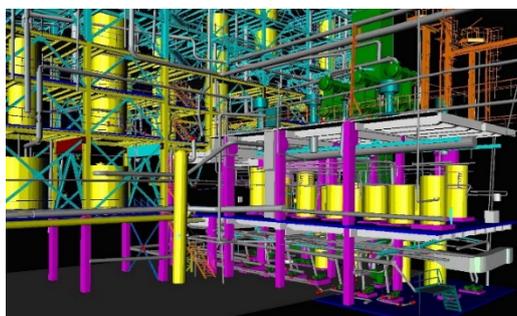


Рисунок 4 – 3D модель построенная по данным лазерного сканирования – основа для реконструкции.

Также лазерное сканирование используют для средней детализации, то есть 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.[8,9] Так в одном из гражданских зданий требовалось вычислить взаимное расположение нескольких металлоконструкций для дальнейшего решения поставленных задач, имея при этом точнейшие данные, полученные при обработке результатов лазерного сканирования.[10]

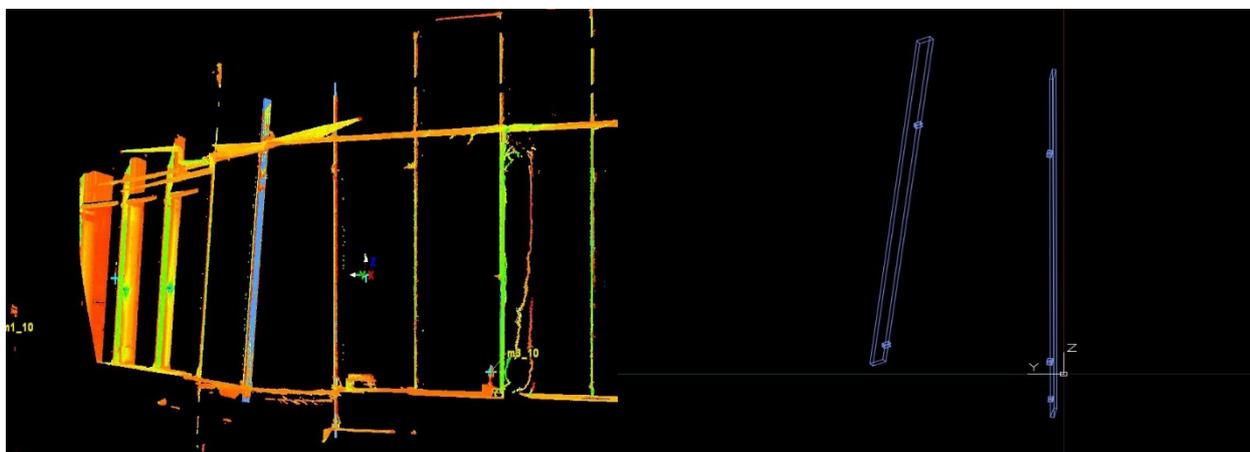


Рисунок 5 – Пример обработки результатов лазерного сканирования средней детализации.

Самый современный и эффективный способ построения 3D модели – метод наземного лазерного сканирования. Ни один масштабный проект по реконструкции промышленного объекта без применения лазерного сканирования на Западе невозможен. На сегодняшний день лазерное сканирование является наиболее эффективной технологией для получения трехмерной модели здания и сооружения на любом из этапов строительства для использования в BIM системе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Середович В.А. Наземное лазерное сканирование // Монография / В.А. Середович, А.В. Комиссаров, Д.В. Комиссаров, Т.А. Широкова. – Новосибирск: СГГА, 2009. –261 с.;
2. В.А. Середович, Д.В. Комиссаров. Состояние, проблемы и перспективы применения технологии наземного лазерного сканирования // Новосибирск: СГГА, 2009;
3. Ерасыл Кошанулы Кошан. Возможности, преимущества и недостатки наземного лазерного сканирования // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2017 г. с.27-30;
4. 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;
5. Гура Т.А., Уткина О.А. Аспекты использования BIM в строительстве и 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. С. 68-71;
6. Гура Т.А., Гасанов А.О. Проектирование генерального плана в BIM // 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. 65-68;
7. Шевченко А.А., Мелитонян А.А. Методология создания BIM моделей и творческая составляющая в процессе BIM проектирования // В <http://ntk.kubstu.ru/file/2008>

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;

8. 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;

9. Хашпакянц Н.О., Грибкова И.С. Применение лазерного сканирования в землеустройстве и кадастрах // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2017. № 9. С. 27-35;

10. Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura T.A., Katrich A. The use of laser scanning for obtaining of drawings and three-dimensional models of cultural heritage sites // В сборнике: Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach Research articles. San Francisco, 2016. С. 328-333.

#### REFERENCES

1. Seredovich V.A. Nazemnoe lazernoe skanirovanie // Monografiya / V.A. Seredovich, A.V. Komissarov, D.V. Komissarov, T.A. Shirokova. – Novosibirsk: SGGA, 2009. –261 s.;

2. V.A. Seredovich, D.V. Komissarov. Sostoyanie, problemy i perspektivy primeneniya tekhnologii nazemnogo lazernogo skanirovaniya // Novosibirsk: SGGA, 2009;

3. Erasyul Koshanuly Koshan. Vozmozhnosti, preimushchestva i nedostatki nazemnogo lazernogo skanirovaniya // Interkespo Geo-Sibir, 2017 g. s.27-30;

4. 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 deyatel'nosti studencheskikh obedineniy Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta «RAYON IT». 2016. S. 301-304;

5. Gura T.A., Utkina O.A. Aspekty ispolzovaniya BIM v stroitelstve i proektirovaniya // V sbornike: Ekologicheskie, inzhenerno-ekonomicheskie, pravovye i upravlencheskie aspekty razvitiya stroitelstva i transportnoy infrastruktury. Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. FGBOU VO «Kubanskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet», Institut stroitelstva i transportnoy infrastruktury; FGBOU VO «KubGTU»; Mezhdunarodnyy tsentr innovatsionnykh issledovaniy «OMEGA SCIENCE». 2017. S. 68-71;

6. Gura T.A., Gasanov A.O. Proektirovanie general'nogo plana v BIM // V sbornike: Ekologicheskie, inzhenerno-ekonomicheskie, pravovye i upravlencheskie aspekty razvitiya stroitelstva i transportnoy infrastruktury. Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. FGBOU VO «Kubanskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet», Institut stroitelstva i transportnoy infrastruktury; FGBOU VO «KubGTU»; Mezhdunarodnyy tsentr innovatsionnykh issledovaniy «OMEGA SCIENCE». 2017. S. 65-68;

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

8. 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 <http://ntk.kubstu.ru/file/2008>

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;

9. Khashpakyants N.O., Gribkova I.S. Primenenie lazernogo skanirovaniya v zemleustroytve i kadastrakh // Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2017. № 9. S. 27-35;

10. Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura T.A., Katrich A. The use of laser scanning for obtaining of drawings and three-dimensional models of cultural heritage sites // V sbornike: Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basiss and innovative approach Research articles. San Francisco, 2016. S. 328-333.

### *APPLICATION OF GROUND LASER SCANNING IN CONSTRUCTION AND BIM TECHNOLOGIES*

**G.G. SHEVCHENKO, D.A. GURA, G.T. AKOPYAN**

*Kuban State Technological University,  
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,  
e-mail: georg00023@yandex.ru*

This article discusses the advantages of using ground-based laser scanning in construction and BIM technologies, examples, as well as the stages of the object's life cycle, on which the use of this technology is most effective. The positive aspects of these technologies are considered. The article describes the cases in which BIM is needed: when controlling the correspondence of geometric parameters, when adjusting the project during construction, during executive surveys during construction and after its completion. The possibilities provided by BIM and laser scanning: reducing the cost of building an object, the ability to visualize the plan, change it, without making adjustments to documents, reducing the time spent at all stages of construction. All these positive aspects are analyzed in detail on specific examples.

**Keywords:** laser scanner, BIM technology, BIM model, advantages, three-dimensional model.