

УДК 528

## ОСОБЕННОСТИ СКАНИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

### FEATURES OF SCANNING OF ARCHITECTURAL CONSTRUCTIONS

**Гура Татьяна Андреевна**  
ассистент кафедры кадастра и геоинженерии,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
t\_gura@mail.ru

**Сирота Павел Владимирович**  
студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
Pasha.sirota.99@mail.ru

**Аннотация.** Статья представляет собой краткий теоретический курс, содержащий основные понятия о лазерном наземном [1, 2] сканировании зданий и сооружений. Анализ [3] двух приборов компании Leica, изучение принципов их работы, сравнение характеристик и особенностей влияющие на результат и процесс сканирования. Так же рассмотрены примеры применения лазерных сканеров. В выводе получены основные особенности данных устройств.

**Ключевые слова:** лазерное сканирование, Leica, строительство, облако точек, анализ, особенности, лазерные наземные сканеры, 3D изображение, лазерный сканер, 3D лазерный сканер, наземный лазерный сканер, сканирующая система.

**Gura Tatyana Andreevna**  
Assistant to department of the inventory  
and geoengineering,  
Kuban state technological university  
t\_gura@mail.ru

**Sirota Pavel Vladimirovich**  
Student,  
Kuban state technological university  
Pasha.sirota.99@mail.ru

**Annotation.** The article is a short theoretical course containing the basic concepts of laser scanning of buildings and structures. Analysis of two Leica device the study of the principles of their work, the comparison of characteristics and features affecting the result and the scanning process. Also, examples of the use of laser scanners are considered. In the output, the main features of these devices are obtained.

**Keywords:** laser scanning, Leica, construction, point cloud, analysis, features, laser ground scanners, 3D image, laser scanner, 3d laser scanner, ground laser scanner, scanning system.

**Наземный лазерный сканер (НЛС)** – это сканирующая система, которая при помощи высокоскоростного безотражательного лазерного дальномера и системы изменения направления луча лазера сканирует поверхность объекта и формирует его 3D модель в трехмерной системе координат X, Y, Z.

*Принцип работы сканирующих систем импульсного и фазового метода сканирования:*

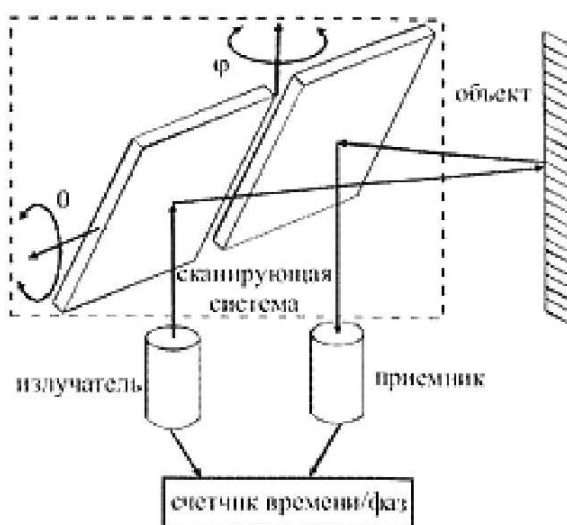


Рисунок 1 – Фазовый метод измерения расстояний

### ***Импульсный метод измерения расстояний***

Данный метод вычисления расстояний основывается на измерении времени прохождения сигнала от устройства до объекта и обратно.

Импульсный метод измерения является менее точным, чем фазовый метод. Из-за того, что точность измерения зависит от ряда параметров, каждый из которых может оказать влияние на точность измерения. В ряду таких параметров стоят:

- длительность и форма зондирующего импульса;
- отражательные характеристики объекта;
- оптические свойства атмосферы;
- текстура и положение поверхности объекта вызвавшей отражение зондирующего луча по отношению к линии визирования.

### ***Фазовый метод измерения расстояний***

Данный метод вычислений расстояний основан на определении разности фаз посылаемых и принимаемых модулированных сигналов. Главное преимущество фазового метода измерения – более высокая точность.

### **Работа сканера**

В целом принцип работы сканера заключается в обработке облака точек которые являются результатом работы лазерного 3D сканера. В процессе съемки для каждой из них записываются три координаты (X, Y, Z) и численный показатель интенсивности отраженного сигнала-альbedo (определяется свойствами поверхности, на которую падает лазерный луч). Облако точек раскрашивается в зависимости от степени интенсивности и после сканирования выглядит как трехмерное цифровое фото. Большинство современных моделей лазерных сканеров имеют встроенную видео- или фотокамеру, благодаря чему облако точек может быть также окрашено в реальные цвета. Качественная работа 3D [5] сканера это лишь часть проекта, немаловажную роль играет ПО для анализа [6] облака точек полученного сканирующей системой и «сшивания» их в полноценную 3D модель объекта .

Последовательность работы станции примерно такова:

1. Лазерный сканер устанавливается напротив снимаемого объекта на штатив.
2. Пользователь задает требуемую плотность облака точек (разрешение) и область съемки, затем запускает процесс сканирования.
3. Обработка в специальном ПО (Cyclone, LeicaCloudWorx, 3DReshape).

### **Общая характеристика сканирующих систем**

#### ***Общее***

Leica ScanStation C10 – Импульсный, высокоскоростной лазерный сканер, с двухосевым компенсатором, большим диапазоном измерения расстояний, полным обзором, встроенной видеокамерой и лазерным центриром.

Управляется через встроенную панель или подключенный ноутбук, хранение данных осуществляется на встроенном жестком диске (80 гб) или подключенном ПК.



Рисунок 2 – Leica ScanStation C10

### **Характеристики прибора**

Время работы: Внутренние батареи: > 3,5 ч (2 батареи).

Внешние батареи: > 6 ч (при комнатной температуре).

Рабочая температура от 0 °С до 40 °С.

Полная работоспособность в абсолютной темноте и при ярком солнечном свете.

Точность (точность указана для расстояния от 1 до 50 м):

- определение местоположения с точностью 6 мм;
- определение расстояния с точностью 4 мм;
- определение горизонтального и вертикального угла с точностью 12";
- моделирование поверхности с точностью около 2 мм.

### **Характеристики сканирующей системы**

Импульсная сканирующая система с зеленым цветом волны длиной 532 нм.

Дальность измерений 300 м при 90 % альбедо и 134 м при 18 %.

Минимальная дальность 0,1 м.

Скорость сканирования до 50,000 точек/сек.

Встроенная цветная цифровая видеокамера с увеличением:

- изображение – 17° x 17°, до 1920 x 1920 пикселей (4 Мп).

**Leica ScanStation P40** (рис.3) – наземная лазерная сканирующая станция с фазовым принципом работы (рис.1). Обработка данных так же осуществляется на ПК, а хранение на встроенном жестком диске 256 гб или подключенном ПК.



Рисунок 3 – Leica ScanStation P40

Время работы:

Внутренняя батарея > 5,5 ч (2 батареи).

Внешняя батарея > 7,5 ч (при комнатной температуре).

Рабочая температура от –20 °С до +50 °С.

Точность (точность указана для расстояния от 1 до 270 м):

- определение местоположения 3мм на 50 м 6 мм на 100 м;
- определение расстояния с точностью 1,2 мм;
- определение горизонтального и вертикального угла с точностью 8";
- моделирование поверхности с точностью около 2 мм.

### **Характеристики сканирующей системы**

Фазовая сканирующая система.

Максимальное расстояние при альбедо: 34 % – 270 м, при 18 % – 180 м, при 8 % – 120 м.

Скорость сканирования до 1000000 точек/сек.

Встроенная цветная цифровая видеокамера с увеличением:

- изображение – 17° x 17°, до 1920 x 1920 пикселей (4 Мп).

### Пример применения сканирующих систем Leica в создании 3D моделей архитектурных сооружений

Данные сканеры не редко применяют на практике [7], приведем один из примеров. Для проведения работ по документирование промежуточных результатов реконструкции и контроля деформации [8, 9, 10, 11] церкви Св. Леонарда во Франкфурте (Германия) была использована сканирующая станции Leica ScanStation C10.



Рисунок 4 – церкви Св. Леонарда во Франкфурте



Рисунок 5 – Процесс проведения работ в церкви Св. Леонарда во Франкфурте

Во время проведения данной съемки наземная лазерная сканирующая система Leica ScanStation C10 была использована в целях создания 3D моделей опорной конструкции. Муниципалитет Франкфурта решил вернуть церкви Св. Леонарда поздний готический облик. Также было необходимо опустить пол, так как, в течение многих веков, он многократно поднимался для защиты от наводнений, вызываемых подъемом воды в реке Майн, до этого были отреставрированы фасад, крыши и слуховые окна башен и перед началом реконструкции внутренней части церкви. Через 15 дней геодезисты выполнили сканирование всех этапов земляных работ, дойдя до глубины почти 3,5 метра. Удалось детально зафиксировать всю внутреннюю часть церкви, включая вспомогательные помещения, своды потолков и обе апсиды. Большое значение придавалось выбору места расположения лазерного сканера с тем, чтобы свести к мини-

муму эффект затенения при сканировании. Внутренняя часть церкви обильно расписана фресками и украшена лепниной, из-за этого суммарное количество точек к концу проекта состояло примерно из 17 миллиардов точек.

В данных условиях лазерный сканер LeicaScanStation C10 проявил такие свои положительные качества и особенности как: высокая точность и качество съемки на небольших расстояниях.

Так же архитекторов – реставраторов удивила возможность станции создавать дополнительные изображения без выезда на досъемку и высокая точность компоновки полученных изображений в полноценную 3D модель.



Рисунок 6 – 3D модель колонны созданная по облаку точек снятому Leica ScanStation C10

Данная 3D модель была напечатана на 3D принтере по данным снятым LeicaScanStation C10 .Это наглядный пример точности приборов.

На всех проектах команда работающая со сканирующими лазерными станциями отмечает то, что до появления лазерных 3D-сканеров такие работы были невозможны без огромного количества лесов и подмостков, а процесс работы занял бы несколько месяцев при этом не избежав ошибок.

Еще один пример работы лазерной станции LeicaScanStation C10

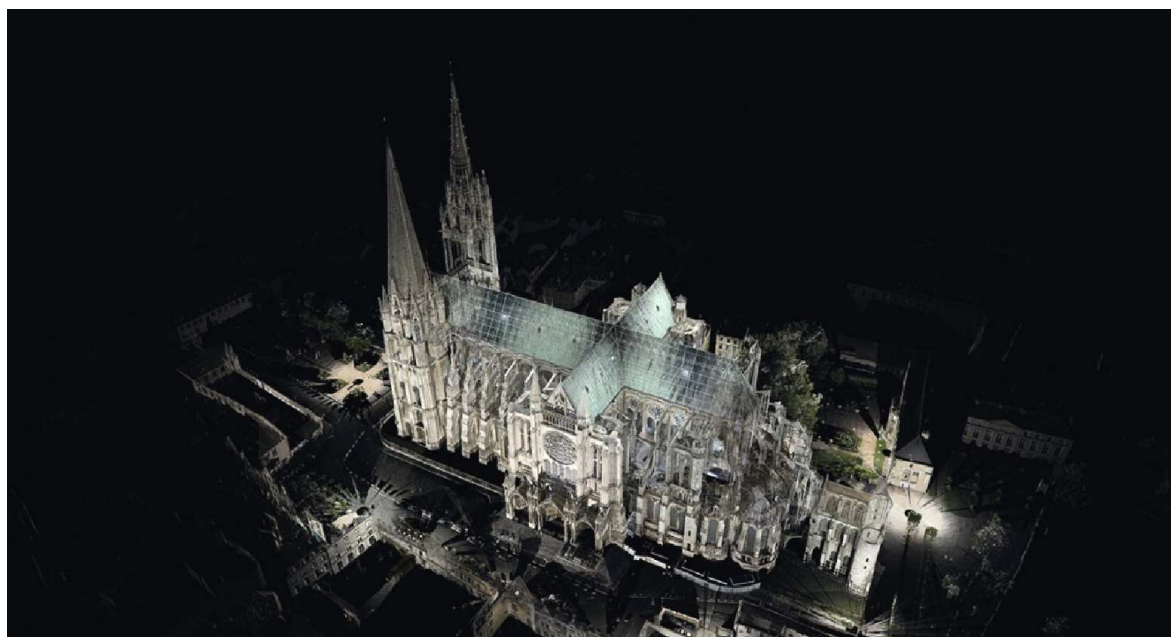


Рисунок 7 – 3D проект Собора Парижской Богоматери

Работа по сканированию Собора Парижской Богоматери. Данный проект поражает своей масштабностью и точностью, были задействованы не только наземные сканеры, а так же воздушные сканеры. Сложность проекта повышалось то, что собор представляет собой музей и ежедневно его посещают до 30000 человек, проводить работы нужно было максимально быстро, точно и качественно.

*У сканирующих систем можно выделить такие положительные особенности [11] стороны как:*

- Высокая точность.
- Высокая скорость сканирования.
- Удобный интерфейс.
- Большой спектр работ для многих отраслей.
- ПО которое поможет безошибочно обработать облако точек, полученное в процессе работы.
- Выполнение эксклюзивных работ, которые без помощи лазерного сканирования были бы невыполнимы.
- Высокая производительность НЛС сокращает время полевых работ.
- Работы можно выполнять при любых условиях освещения, то есть днём и ночью, так как сканеры являются активными съёмочными системами.

*Так же существуют и отрицательные стороны такие как:*

- Высокая стоимость [12]. Стоимость приборов может достигать 15 млн рублей
- Большинство сканеров рекомендуется работать при температуре не ниже 0 °С, что устанавливает некоторые ограничения на полевые работы в зимнее время, хотя некоторые модели отлично работают и при –20 °С.
- До сегодняшнего дня ни одна из систем лазерного сканирования не имеет функций тахеометра по непосредственной привязке отдельных сканов к единой системе координат, поскольку сканирование с каждой точки стояния проводится в системе координат прибора; поэтому необходим дополнительный геодезический прибор для определения координат контрольных точек (марок) сканера.

Наземные лазерные сканеры необходимы приборы в строительстве зданий, сооружений, дорог и т.д. [13], для проведения геодезических изысканий [15], контроля строительства и дальнейшем контроле усадок и деформаций [16] зданий и сооружений, особенно это важно при контроле застройке новых жилых районов [17]. В настоящее время лазерное сканирование это самый удобный метод для выполнения данных задач. Чем выше доля работ выполненных с помощью лазерных сканирующих систем, тем выше точность, скорость и практичность работ в проекте.

### Литература:

1. Середович В.А., Комиссаров А.В., Комиссаров Д.В., Широкова Т.А. Наземное Лазерное Сканирование. – Новосибирск : СГГА, 2009. – 261 с.
2. Грибкова И.С., Шерстюк Н.А. Лазерное сканирование : в сборнике: Науки о земле на современном этапе / VIII Международная научно-практическая конференция. – 2013. – С. 53–55.
3. 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.
4. Желтко Ч.Н., Бердзенишвили С.Г., Корелов С.Н., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Пастухов М.А. Учебная геодезическая практика : методические указания по организации и контролю учебной практики для студентов всех форм обучения направлений 120700 Землеустройство и кадастры, 130500 Нефтегазовое дело, 270800 Строительство, 271101 Строительство уникальных зданий и сооружений. – Краснодар, 2013. – Ч. 3: Решение геодезических задач. – 19 с.
5. Гура Д.А., Алкачев Т.Э. Создание 3D кадастра объекта недвижимости для постановки на кадастровый учет на примере железнодорожного вокзала адлерского района г. Сочи // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2015. – № 11. – С. 362–369.
6. Кузнецова А.А., Гура Д.А., Алкачев Т.Э. Анализ полученных данных методом лазерного сканирования для выполнения периодического мониторинга на примере здания, расположенного в г. Краснодаре // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2014. – № 4. – С. 77–83.

7. Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Гура Т.А., Муриев Т.А. О прохождении учебной геодезической практики в КубГТУ студентами направления «строительство» // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 12. – С. 180–194.

8. Гайрабеков И.Г., Пимшин Ю.И. Определение деформации объекта с использованием наземного лазерного сканирования // Труды Грозненского государственного нефтяного технического университета им. академика М.Д. Миллионщикова. – 2006. – № 6. – С. 171–177.

9. Гура Д.А., Шевченко Г.Г. Экологический мониторинг деформации сооружений с использованием наземного лазерного сканирования : в сборнике: Строительство – 2010 / Материалы Международной научно-практической конференции. – Дорожно-транспортный институт, 2010. – С. 152–153.

10. Гура Т.А., Татьянко М.А. О необходимости постоянного контроля за состоянием деформаций уникальных объектов капитального строительства : в сборнике: International innovation research / сборник статей победителей V Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2016. – С. 191–195.

11. Ляпишев К.М., Погорелов А.В., Шуляков Д.Ю. Исследование оползней с применением технологии наземного лазерного сканирования : в сборнике: Геодезия, картография и маркшейдерия / Материалы Всероссийской научной Интернет-конференции Грибкова Л.А., Морозов А.А.: Особенности применения современных геодезических приборов и технологий при строительстве зданий и сооружений // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 5. – С. 59–69.

12. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Гура Т.А., Мавропуло М.Д. О стоимости работ по выполнению геодезического мониторинга в г. Краснодаре и Краснодарском крае // Научные труды КубГТУ. – 2017. – № 1. – С. 54–64.

13. Гура Д.А., Доценко А.Е. О необходимости выполнения геодезической съемки : Актуальные вопросы науки / материалы IX Международной научно-практической конференции. – М. : Спутник+, 2013. – С. 204–206.

14. Грибкова И.С., Логинова П.А., Андриянова З.С., Чеботова А.А., Саид А.Н., Раздора Д.А. Геодезические приборы и технологии при строительстве автомобильных дорог // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 2. – С. 128–132.

15. Виноградов А.В., Войтенко А.В. Современные технологии геодезических изысканий : учебное пособие. – Омск : СибАДИ, 2012. – 111 с.

16. Гура Т.А., Татьянко М.А. О необходимости постоянного контроля за состоянием деформаций уникальных объектов капитального строительства : в сборнике: International innovation research / сборник статей победителей V Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2016. – С. 191–195.

17. Пастухов М.А., Вербицкий М.В., Пастухова О.И., Гура А.Ю. Методологические проблемы инженерного обустройства территории населённых пунктов // Научные труды КубГТУ. – 2017. – № 2. – С. 67–77.

## References:

1. Sereдович V.A., Komissarov A.V., Komissarov D.V., Shirokova T.A. Land Laser Scanning. – Novosibirsk : SGGA, 2009. – 261 p.

2. Gribkova I.S., Sherstyuk N.A. Laser scanning: in the collection: Sciences about the earth at the present stage / the VIII International scientific and practical conference. – 2013. – P. 53–55.

3. Shevchenko G.G., Gura D.A., Perov A.Yu., Kovalyova A.A. The analysis of the market of firms selling the geodetic equipment // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 15. – P. 357–370.

4. Zheltko Ch.N., Berdzenishvili S.G., Korelov S.N., Gura D.A., Shevchenko G.G., Pastukhov M.A. Educational geodetic practice : methodical instructions on the organization and control of educational practice for students of all forms of education of the Land management directions 120700 and inventories, 130500 Oil and gas case, 270800 Construction, 271101 Construction of unique buildings and constructions. – Krasnodar, 2013. – Part 3: Solution of geodetic tasks. – 19 p.

5. Gura D.A., Alkachev T.E. Creation of the 3D inventory of a real estate object for statement on the cadastral registration on the example of the railway station of Adlersky District of Sochi // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2015. – No. 11. – P. 362–369.

6. Kuznetsova A.A., Gura D.A., Alkachev T.E. The analysis of the obtained data by method of laser scanning for performance of periodic monitoring on the example of the building located in Krasnodar // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2014. – No. 4. – P. 77–83.

7. Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura T.A., Muriyev T.A. About passing of educational geodetic practice in KubGTU students of the construction direction // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 12. – P. 180–194.

8. Gayrabekov I.G., Pimshin Yu.I. Definition of deformation of an object with use of land laser scanning // Works of the Grozny state oil technical university of the academician M.D. Millionshchikov. – 2006. – No. 6. – P. 171–177.
9. Gura D.A., Shevchenko G.G. Environmental monitoring of deformation of constructions with use of land laser scanning : in the collection: Construction – 2010 / Materials of the International scientific and practical conference. – Road and transport institute, 2010. – P. 152–153.
10. Gura T.A., Tatyanko M.A. About need of constant control behind a condition of deformations of unique capital construction projects : in the collection: International innovation research / collection of articles of winners of the V International scientific and practical conference. – Penza, 2016. – P. 191–195.
11. Lyapishev K.M., Pogorelov A.V., Shulyakov D.Yu. A research of landslides with use of technology of land laser scanning : in the collection: Geodesy, cartography and mine surveyings / Materials of the All-Russian scientific Internet conference of Gribkov L.A., Morozov A.A.: Features of use of modern geodetic devices and technologies at construction of buildings and constructions // Scientific works of the Kuban state technology university. – 2016. – No. 5. – P. 59–69.
12. Shevchenko G.G., Gura D.A., Gura T.A., Mavropulo M.D. About the cost of works on performance of geodetic monitoring in Krasnodar and Krasnodar Krai // Scientific works of KubGTU. – 2017. – No. 1. – P. 54–64.
13. Gura D.A., Dotsenko A.E. About need of performance of geodetic shooting : Topical issues sciences / materials IX of the International scientific and practical conference. – M. : Satellite +, 2013. – P. 204–206.
14. Gribkova I.S., Loginova P.A., Andriyanova Z.S., Chebotova A.A., Said A.N., Razdora D.A. Geodetic devices and technologies at construction of highways // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2016. – No. 2. – P. 128–132.
15. Vinogradov A.V., Voitenko A.V. Current technologies of geodetic researches : manual. – Omsk : SibADI, 2012. – 111 p.
16. Gura T.A., Tatyanko M.A. About need of constant control behind a condition of deformations of unique capital construction projects : in the collection: International innovation research / collection of articles of winners of the V International scientific and practical conference. – Penza, 2016. – P. 191–195.
17. Pastukhov M.A., Verbitsky M.V., Pastukhova O.I., Gura A.Yu. Methodological problems of engineering arrangement of the territory of settlements // Scientific works of KubGTU. – 2017. – No. 2. – P. 67–77.