

*СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ  
РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ И НАЗЕМНЫХ ЛАЗЕРНЫХ  
СКАНЕРОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОПРЕДЕЛЕННЫХ РАБОТ*

**Г.Г. ШЕВЧЕНКО, Д.А. ГУРА, А.А. БАЙРАЧНАЯ**

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

В наше время с каждым днем увеличивается количество зданий и сооружений. Чаще всего их строят на грунтах, которые по своим показателям не совсем приемлемы для строительства. В результате через некоторое время могут происходить различные деформации (трещины, осадка). Поэтому деформационный мониторинг является неотъемлемой частью наблюдений за зданиями и сооружениями. Но прежде, чем начинать строительство зданий и сооружений, необходима информация о местности, на которой планируется строительство. Эту информацию нам предоставляю данные топографически съемки. Описанные выше виды работ производят с помощью современного оборудования, такого как тахеометры и наземные лазерные сканеры. В данной статье рассмотрено применение роботизированных тахеометров и наземных лазерных сканеров при выполнении определенных работ. Определено, для чего данные приборы применяются при деформационном мониторинге и топографической съемке. Проведен сравнительный анализ функциональных возможностей описанных выше приборов.

**Ключевые слова:** роботизированный тахеометр, наземный лазерный сканер, съемка, топографическая съемка, деформационный мониторинг, анализ.

Как известно, тахеометр – высокоточное геодезическое оборудование, предназначенное для измерения вертикальных и горизонтальных углов, расстояний и превышений между точками, а также координат исходных точек (x,y,z). Тахеометры подразделяются на технические, инженерные и роботизированные. Роботизированные тахеометры обладают различными техническими характеристиками, возможностями, комплектацией и стоимостью — это позволяет выбрать прибор под свои задачи.

Лазерный наземный сканер – это прибор, оснащенный высокоскоростным безотражательным лазерным дальномером и системой изменения направления луча лазера – специальное поворотное зеркало. Первые наземные сканеры появились еще в прошлом веке, однако, пока нет основания утверждать, что технология лазерного 3D сканирования широко используется в геодезии. Главной причиной является высокая стоимость такого оборудования.

Среди многочисленных геологических, геофизических и геоморфологических методов изучения состояния геологической среды и определения деформаций особое место занимают геодезические методы, позволяющие качественно и количественно оценить возникающие деформации земной поверхности и расположенных на ней сооружений. Изучение современных движений и деформаций требует проведения в мониторинговом режиме высокоточных геодезических измерений смещений реперов специально оборудованных наблюдательных станций - геодинамических полигонов. Жесткие требования к проведению подобного рода геодезических работ - обширные территории, охватываемые измерениями, высокий уровень точности определения величин движений и деформаций, короткие периоды между сериями инструментальных измерений, все это предопределяет необходимость использования современного высокоточного и производительного геодезического оборудования [1,2].

Деформационный мониторинг – контроль и систематические измерения геометрических размеров и положения объектов. Полученные измерения используются для последующего вычисления отклонений, анализа деформационных процессов, проверки и генерирования оповещений о тревожных событиях. Такие мероприятия, как деформационный мониторинг, проводят в несколько этапов в разные временные отрезки: исследуют вертикальные и горизонтальные смещения объектов, наклоны (крены) строительных конструкций, измеряют уровень смещения относительно других объектов, определяют степень развития оползневых процессов, обследуют несущие конструкции на наличие трещин, выявляют нагрузку, приходящуюся на опорные строительные конструкции.

Мониторинг деформаций следует проводить в течение всего периода строительства и в период эксплуатации. Значение деформаций принимается по расчету, нормативным документам или устанавливается проектной или эксплуатирующей организацией с включением в техническое задание [3].

Комплекс работ, при которых создаются карты и планы местности, называется топографической съёмкой или сокращенно - топосъёмка. При проведении топосъёмки и ее дальнейшей обработке получают координаты точек и их высоты, по которым в дальнейшем вычерчивается сама топосъёмка. Такая съёмка может быть получена посредством измерений на местности геодезическими инструментами, а так же или с помощью летательных аппаратов по полученным изображениям (космическая или аэрофотосъёмка). В последнее время топографические работы заметно облегчились в связи с появлением геодезических GPS ГЛОНАСС приемников.

Современная топографическая съёмка земельного участка выполняется в электронном виде и наличие ее только в бумажном варианте может потребовать повторного выполнения для получения цифрового аналога. На основании цифровой топосъёмки можно получить цифровой аналог местности и проводить дальнейшее проектирование в электронном виде. Такая модель существенно облегчает труд проектировщиков, позволяет успешнее справиться с задачей, а большинство проектных работ выполняются только в электронном виде.

Наиболее востребованная в основных видах работ - это топосъёмка 1:500 масштаба. Эти характеристики топосъёмки используются при создании генеральных планов, карт населенных пунктов, для вертикальной планировки, для многоэтажной застройки (рабочие чертежи), в строительстве подземных и надземных сооружений, для приёмки в эксплуатацию объектов, для кадастрового учёта земельных участков в Росреестре, для исполнительного плана строительства на земельном участке с густой сетью коммуникаций (подземных и надземных), в промышленных предприятиях. Съёмку такого типа производят с помощью высокоточного геодезического оборудования, а именно тахеометров, наземных лазерных сканеров. С помощью них все необходимые данные получают с высокой точностью и за достаточное короткое время.

Картографирование местности в двумерном пространстве во все времена являлось одним из основных направлений топографо-геодезического

производства. Поэтому первой областью, где начали применяться наземные лазерные сканеры, стала топография. Основным преимуществом лазерного сканирования по сравнению с традиционными методами тахеометрической и даже спутниковой съемок является очень высокая производительность. Опыт показывает, что наземные лазерные сканеры можно использовать как для целей картографирования малозастроенной местности, так и для территорий с высокой степенью загруженности объектами. Бесспорным преимуществом является то, что основная нагрузка при крупномасштабном картографировании местности по данным наземного лазерного сканирования переносится на камеральную работу. При этом процесс полевых измерений сокращается в несколько раз. Однако технология наземного лазерного сканирования для картографирования территорий с высоким травяным покровом (свыше 40 см) является практически непригодной. Для таких территорий остаются незаменимыми методы тахеометрической и спутниковой съемок.

На основании опыта производственных работ установлено, что использование наземных лазерных сканеров для создания крупномасштабных топографических планов позволяет более гибко подходить к выбору технологии съемки местности в конкретных условиях и значительно повысить экономическую эффективность работ. Так, две бригады из трех человек за три месяца работы могут выполнить съемку с целью создания топографических планов масштаба 1 : 500 на территорию третьей степени сложности площадью более 500 га, на малозастроенную – площадью более 1 000 га. Оценка точности созданных топографических планов проводилась по контрольным пикетам и промерам между жесткозакрепленными контурами. Она показала, что полученные ЦТП удовлетворяют нормативным требованиям точности, предъявляемым к данному виду продукции, а также полнота и детальность нанесенной информации целиком соответствуют результатам натурного обследования территорий. Все полученные картографические материалы были переданы заказчикам в полном объеме [4].

А теперь рассмотрим способы съемки роботизированным тахеометром и наземным лазерным сканером.

Существует 2 способа съемки роботизированным тахеометром. Первый способ. Так как функция «Мониторинг» - платная, то иногда роботизированные тахеометры используют так же, как и электронные. Вначале производят установку станции. Каждую станцию фиксируют с помощью реперов, присваивая ей названия, например ST1, ST2 и т.д. С каждой станции последовательно производится съемка объекта. Особенностью является то, что при переходе на следующую станцию, необходимо закрепиться на ней. Для этого производят съемку предыдущей и последующей станций.

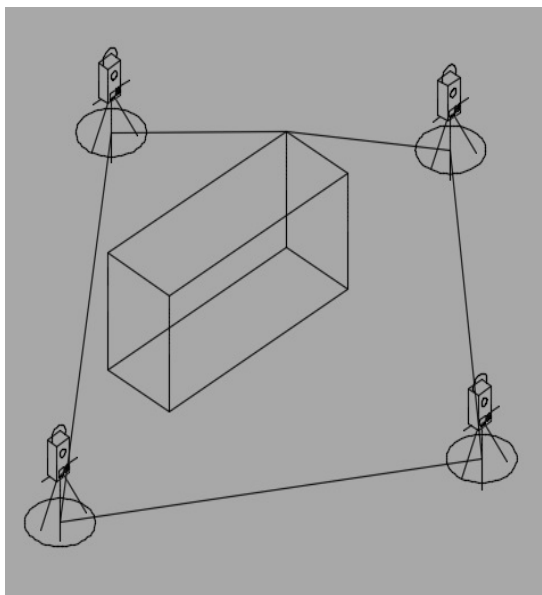


Рисунок 1 – Первый способ съемки роботизированным тахеометром.

Второй способ. Определение деформаций происходит по маркам, которые размещаются на здании. Так же, как и при первом способе, станции связаны между собой. Кроме этого устанавливаются реперы и с помощью обратной засечки определяются координаты первой станции. После чего производятся измерения, с помощью которых после их обработки будет сделан вывод о степени и характере деформаций.

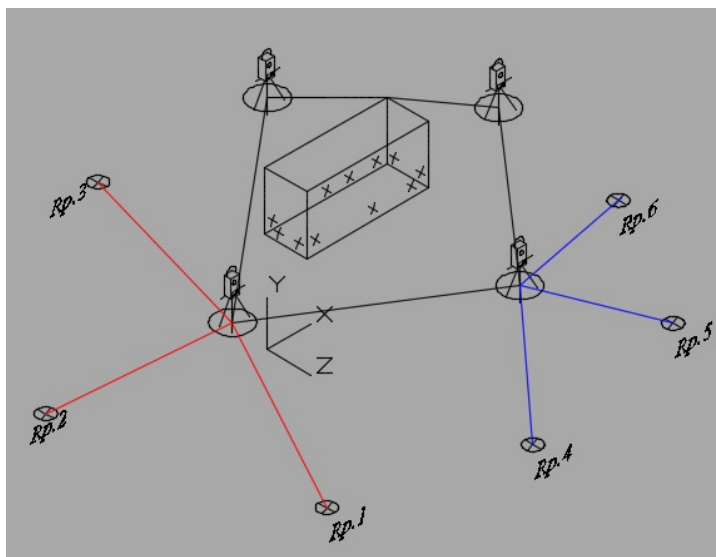


Рисунок 2 – Второй способ съемки роботизированным тахеометром.

Весь процесс съемки наземными лазерными сканерами полностью автоматизирован. Полученные в момент съемки «сырые измерения» представляют собой набор («облако») точек которые необходимо представить в виде чертежей, схем в CAD формате.

Работа со сканером выглядит следующим образом. Перед началом съемки устанавливается область сканирования и плотность (вертикальное и горизонтальное расстояния до соседних точек). Сканер может самостоятельно найти и отсканировать с максимальной плотностью специальные визирные цели, которые служат для определения системы координат объекта, а также используются как геодезическое обоснование для уравнивания отдельных сканов. После сканирования вся снимаемая местность (и предметы местности) в пределах поля зрения сканера оказывается равномерно покрыта точками, координаты которых определены с помощью сканера, и одновременно зарегистрирован уровень отраженного сигнала от каждой точки. В момент измерений на дисплее прибора воспроизводится изображение снятой с этой станции местности, т.е. получают как бы снимок местности в цифровом виде.

Полученная после измерений модель объекта представляет собой большой набор точек (от сотен тысяч до нескольких миллионов), имеющих координаты с точностью в несколько миллиметров. В результате съемки лазерным сканером обычно получают несколько групп точек, которые обычно

называют «облаками точек». Чтобы снять объект полностью, его необходимо отсканировать со всех сторон. После уравнивания (объединения) всех «облаков точек» в единое геометрическое пространство получается единое описание объекта съемки. Процесс уравнивания здесь называется регистрацией.

Далее происходит обработка сканов, которая состоит из нескольких основных этапов. Основная цель обработки – создание единого скана для полного покрытия снятой поверхности. Для создания единого скана («сшивки») используется метод совмещения сканов по опорным точкам, которые отображаются на смежных сканах. Для каждого скана координаты точек определяются в системе координат, центр которой совпадает с центром сканирования. Поэтому для связи координат объекта, полученных из разных сканов, необходимо выбрать единую систему координат, определить в ней центры сканирования для каждого случая (например, с помощью электронного тахеометра) и трансформировать все полученные координаты в единую систему [5-7].

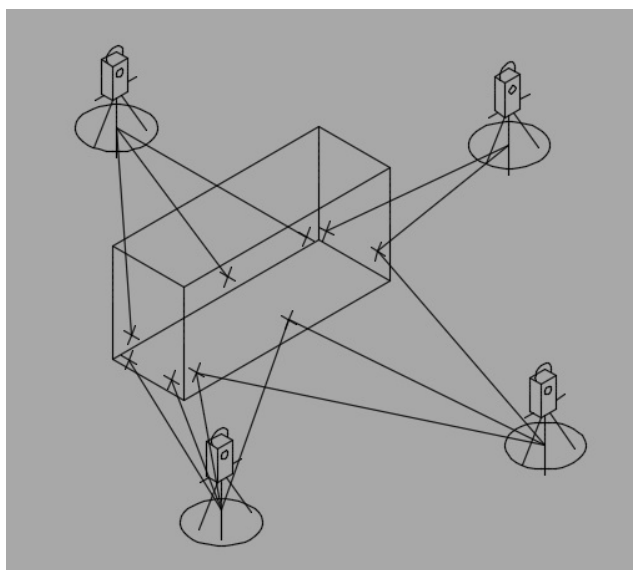


Рисунок 3 – Получение 3D модели с помощью наземного лазерного сканера.

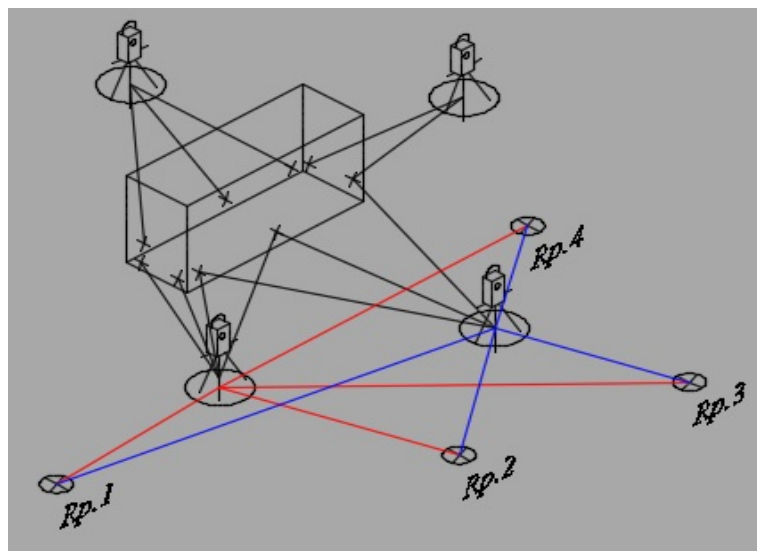


Рисунок 4 – Способ съемки наземным лазерным сканером – распознавание марок на здании.

Существует некая система мониторинга деформаций, основу которой составляют сеть датчиков (щелемеров), которые устанавливаются на стыках отдельных элементов сооружения и могут фиксировать относительные смещения элементов сооружения по осям координат X, Y и Z с точностью до 0,1 мм. Данные с этих датчиков непрерывно поступают на сервер приема информации, где оператор их анализирует и принимает необходимые решения [8].

Результатом проделанной работы являются таблицы, в которых по определенным критериям мы сравниваем роботизированные тахеометры и наземные лазерные сканеры (табл. 1 и 2).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика роботизированных тахеометров

Критерии	Роботизированный тахеометр Leica TS 16	Роботизированный тахеометр Sokkia SX-101
Угловая точность	1", 2", 3", 5"	1"
Точность: призма/без отражателя	1 мм/2 мм	2 мм/1,5 мм
Рабочая температура	От -20°C до +50°C	От -20°C до +50°C
Защита от внешних факторов (воды и пыли)	IEC 60529	IP 65
Внутренняя память	2 Гб. SD-карты – 1Гб и 8Гб	500 МБ. SD-карты – до 8Гб
Время работы	От 5 до 8 часов	Около 4 часов
Масса	Около 6 кг (учитывая массу внутренней батареи)	Около 7 кг (учитывая массу внутренней батареи и трегера)



Таблица 2 – Сравнительная характеристика наземных лазерных сканеров

Критерии	Наземный лазерный сканер Leica Scan Station P20	Наземный лазерный сканер Topcon GLS-2000
Угловая точность	8"	6"
Точность определения положения точки	3 мм на 50 м; 6 мм на 100 м	3,5 мм на 150 м
Рабочая температура	От -20°C до +50°C	От -20°C до +50°C
Защита от внешних факторов (воды и пыли)	IP 54	IP 54
Поле зрения по вертикали/горизонтали	270° / 360 °	270° / 360 °
Скорость сканирования	До 1 000 000 точек в секунду	До 120 000 точек в секунду
Безопасность работы лазера для глаз	Да	Да

Проведя сравнительный анализ оборудования, мы определили сходства и различия РТ и НЛС. В целом можно сказать, что идеального оборудование нет. Существует целый ряд факторов, которые влияют на его выбор. Среди них можно выделить следующие: стоимость, точность, объект, съемку которого необходимо произвести и др. Поэтому можно сделать вывод, нет единственно верного оборудования, все зависит от целей работы, от материального обеспечения и целого ряда других причин, которыми руководствуются.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем Глонасс и GPS / М.: ЦНИИГаиК, 2002 – 124 с.
2. Гарнаго Е.Н., Гура Д.А., Шевченко Г.Г. Анализ причин возникновения деформаций зданий и сооружений. // World science: problems and innovations. – 2016. – С. 65-69.
3. В.А. Середович, А.В. Комиссаров, Д.В. Комиссаров, Т.А. Широкова. // Наземное лазерное сканирование: монография. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с.
4. Шевченко Г.Г. О проведении геодезического мониторинга в сложных условиях для определения трехмерных координат точек сооружения. // Новые

технологии при недропользовании. XII Всероссийская научно-практическая конференция «Новые технологии при недропользовании». – 2016. – С. 70-72.

5. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Глазков Р.Е. Анализ программного обеспечения для обработки данных наземного лазерного сканирования. // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2016. - №3. – С. 127-140.

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

7. Желтко Ч.Н., Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Кузнецова А.А. Алгоритм определения координат при мониторинге сооружений с использованием поискового метода уравнивания. // Наука. Техника. Технологии. – 2013. - №3. – С. 60-64.

8. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Бердзенишвили С.Г. Экспериментальные исследования погрешностей измерений горизонтальных углов с помощью электронных тахеометров // Методы измерений. 2014. Т. 57. № 3. С. 277-279.

#### REFERENCES

1. Instruction on the development of shooting evidence and surveying the situation and terrain using global navigation satellite systems Glonass and GPS / М. : TsNII Gaik, 2002 - 124 p.

2. Garnago E.N., Gura D.A., Shevchenko G.G. Analysis of the causes of deformation of buildings and structures. // World science: problems and innovations. - 2016. - P. 65-69.

3. V.A. Seredovich, A.V. Komissarov, D.V. Komissarov, T.A. Shirokova. // Surface laser scanning: monograph. - Novosibirsk: SSGA, 2009. - 261 p.

4. Shevchenko G.G. About conducting of geodetic monitoring in difficult conditions for definition of three-dimensional coordinates of points of a construction. // New Technologies for Subsoil Use. XII All-Russian Scientific and Practical Conference "New Technologies in Subsoil Use". - 2016. - P. 70-72.

5. Shevchenko G.G., Gura D.A., Glazkov R.E. Analysis of software for processing ground-based laser scanning data. // Modern industrial and civil construction. - 2016. - № 3. - P. 127-140.

6. Bushneva I.A., Bezverkhova Yu.A., Gura D.A., Shevchenko G.G. On the use of ground-based laser scanning for obtaining facade drawings of the buildings and structures under study. // Scientific works of Kuban State Technical University. - 2016. - № 11. - P. 89-97.

7. Zheltko Ch.N., Shevchenko G.G., Gura D.A., Kuznetsova A.A. Algorithm for determining coordinates when monitoring structures using the search method of equalization. // The science. Equipment. Technologies. - 2013. - №3. - P. 60-64.

8. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Shevchenko G.G., Berdzenishvili S.G. Experimental investigations of the errors of measurements of horizontal angles by means of electronic tacheometers // Measurement Techniques. 2014. T. 57. № 3. P. 277-279.

*COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FUNCTIONAL VOICES OF ROBOTIZED  
TACHEOMETERS AND LANDSCAPE LASER SCANNERS FOR THE  
PERFORMANCE OF DETERMINED WORKS*

**G.G. SHEVCHENKO, D.A. GURA, A.A. BAYRACHNAYA**

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

In our time, the number of buildings and structures increases every day. Most often they are built on soils that are not quite acceptable for construction in their indicators. As a result, after a while, various deformations (cracks, sediments) can occur. Therefore, deformation monitoring is an integral part of observations of buildings and structures. But before starting the construction of buildings and structures, you need information about the area on which construction is planned. This information is provided to us by topographic survey data. The types of work described above are performed with the help of modern equipment, such as total stations and ground-based laser scanners. When carrying out deformation monitoring, they make it possible in a short time to determine the degree and size of deformation. With topographic surveying with the help of total stations it is possible to obtain the initial information about the terrain, and with the help of ground-based laser scanners it is possible to obtain data on the progress of excavation, to perform geodetic control over the progress of construction, and to monitor landslide processes. But, like any equipment, they have their shortcomings. Therefore, a comparative analysis of these devices is important and necessary.

**Key words:** robotic tacheometer, ground laser scanner, survey, topographic survey, deformation monitoring, analysis.