



Сравнительный анализ практического применения тахеометра и системы наземного лазерного сканирования в подразделении геодезического контроля строительного производства (на примере объекта Capital Towers)

В.А. Зубарев¹✉, В.В. Ознамец²

АФФИЛИАЦИИ

¹ ООО «Капитал Групп», Москва, Россия

² Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

✉ z-volan@yandex.ru

ЦИТИРОВАНИЕ

Зубарев В.А., Ознамец В.В. Сравнительный анализ практического применения тахеометра и системы наземного лазерного сканирования в подразделении геодезического контроля строительного производства (на примере объекта Capital Towers) // Пространственные данные: наука и технологии. 2025. Т. 16, № 4. С. 79–93. DOI:10.30533/scidata-2025-16-18.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

служба геодезического контроля, тахеометр, система наземного лазерного сканирования, Nikon Nivo 1.C, Trimble X9

АННОТАЦИЯ

В данной работе на основе производственной практики проведен сравнительный анализ применения службой строительного контроля заказчика инструментов, имеющих сходное конструктивное устройство: лазерного тахеометра и системы наземного лазерного сканирования (СНЛС). По различным критериям сравнивались лазерный тахеометр Nikon Nivo 1.C и наземный 3D-сканер Trimble X9. На основе технических характеристик, заявленных производителем, отмечены достоинства и недостатки СНЛС. Перечислены

основные виды работ, выполняемых службой геодезического контроля на объекте высотного строительства, обсуждается применение в таких случаях указанных приборов. Рассматривается возможность полного отказа от использования лазерного тахеометра как основного инструмента контроля и замена его на СНЛС. В качестве испытательного полигона взят такой строительный объект, как жилой комплекс с подземной автостоянкой, расположенный по адресу: Москва, Краснопресненская наб., вл. 14, стр. 1 (Capital Towers). На основании проведенного анализа сделан вывод о том, что СНЛС не может стать единственным инструментом контроля и является узкоспециализированным средством проведения съемочных работ, которое, возможно, при последовательном усовершенствовании системы может быть использовано в более широком диапазоне работ при строительстве высотных зданий и сооружений.

1 Введение

Внедрение новых приемов и инструментов в повседневную практику геодезического обеспечения строительства высотных работ обусловлено увеличением сложности объектов, использованием новаторских приемов в архитектуре, качественным изменением материалов, применяемых на всех стадиях строительства.

В стремлении принципиально реформировать всю структуру геодезического сопровождения в различных статьях и научных работах рассматриваются варианты полной отмены прежних принципов и методов работы.

Статей, посвященных системам наземного лазерного сканирования (СНЛС), опубликовано достаточно много. Исследователи отмечают достоинства и преимущества данного метода в сопоставлении с традиционными. Однако ни в одной из работ не проводится комплексный сравнительный анализ.

В данной статье на основе различных критериев и личного практического опыта проанализирована целесообразность применения СНЛС в системе строительного контроля методом сравнения с традиционно используемым в этой отрасли электронным тахеометром.

Технические характеристики СНЛС и тахеометра взяты из открытых источников. Для описания устройства и принципа работы обоих приборов в данной статье использован учебник по инструментоведению¹.

Полигоном для эксперимента стал такой строительный объект, как жилой комплекс с подземной автостоянкой по адресу: Москва, Краснопресненская наб., вл. 14, стр. 1 (Capital Towers). Для сравнения возьмем зарекомендовавший себя инженерный тахеометр Nikon Nivo1.C и недавно приобретенный ООО «Капитал Групп» наземный 3D-сканер Trimble X9.

¹ Ямбаев Х.К. Геодезическое инструментоведение: учебник для вузов. М.: Гаудеамус: Академический Проект, 2011. 583 с.

2 Материалы и методы

2.1 Практическое применение тахеометра и СНЛС: сравнительный анализ

Основные принципы работы тахеометра (**рис. 1**)² и СНЛС (**рис. 2**)³ сходны между собой⁴ [1]. В обоих устройствах используется так называемая полярная пространственная система, при которой инструмент и прибор находятся в стационарном положении.

Рис. 1 Тахеометр Nikon Nivo 1.C

Fig. 1 Tacheometer Nikon Nivo 1.C



Рис. 2 Наземный 3D-сканер Trimble X9

Fig. 2 Trimble X9 3D laser scanning system



2 Nikon Nivo 1.C. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nikon-spectra.ru/catalog/takheometry/nikon-nivo-1-c.html> (дата обращения: 07.06.2025).

3 Trimble X9. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://averus-pribor.ru/products/trimble-x9-core-t10x-po-perspective-standartnyy-komplekt/> (дата обращения: 07.06.2025).

4 Ямбаев Х.К. Геодезическое инструментоведение: учебник для вузов. М.: Гаудеамус: Академический Проект, 2011. 583 с.

Оба прибора оснащены лазерным дальномером, датчиком горизонтальных направлений, сенсорными датчиками наклона прибора. Основное же различие состоит в том, что тахеометр, работая дискретно, дает несравнимо меньшее количество точек, используемых в дальнейшей обработке.

На основании схожести физических принципов, общего устройства и поставленных задач будет вполне корректно отнести рассматриваемые приборы к единому классу и провести сравнение на основании различных критериев.

2.2 Сравнение технических характеристик тахеометра и СНЛС

В **табл. 1** приведены технические характеристики сравниваемых приборов. Коричневым цветом выделены основные различия.

Таблица 1 Основные технические характеристики тахеометра и СНЛС

Table 1 Basic technical characteristics of LTS & LSS

Прибор	Год выпуска	Дальность изм., м	Точность изм. углов, "	Точность дальномера, мм	Точность установки компенс., '	Защищенность	Рабочая темп., °C	Вес, кг	Цена, руб.
Nikon Nivo 1.C	2013	500 (безотраж. режим)	1	2	±3 (двухосев.)	IP66	-20... +50	3,6	370000
Trimble X9	2023	150	16	2	±3 (двухосев.)	IP55	-20... +50	6	9200000

В первую очередь стоит отметить дальность измерения. Поскольку работы производятся на разных расстояниях и высотах, преимущество тахеометра здесь очевидно.

Второй критерий — точность измерения угла. У тахеометра она выше, что имеет важное значение при удаленности съемочных точек на значительное расстояние от точки стояния прибора. Третий пункт — точность дальномера. Для обоих приборов этот параметр составляет 2 мм.

Оба инструмента также имеют принципиально сходное устройство компенсатора (двухосевой) и одинаковую его точность: $\pm 3''$.

Защита от проникновения пыли и влаги обозначается стандартом IP (англ. Ingress Protection). Тахеометр имеет лучшую влагозащиту при работе на открытом воздухе.

Важен и такой показатель, как вес прибора: более массивный штатив и складной ящик для СНЛС делает транспортировку устройства между съемочными станциями более энергозатратным делом.

Стоит обратить внимание также на разницу приборов в цене.

2.3 Строительный контроль на объекте

В данной работе не рассматриваются общестроительные геодезические работы, для проведения которых СНЛС не приспособлена, а также специализированные съемки исторических зданий и промышленных объектов. Речь здесь идет только о системе контроля заказчика за выполнением работ непосредственно подрядчиком и мониторинга инженерных сооружений, попавших в зону производства (табл. 2).

Таблица 2 Основные работы, выполняемые на объекте в рамках строительного контроля

Table 2 Main work performed on site as part of construction monitoring

Прибор	Год выпуска	Контроль передачи отметок на горизонт	Планово-высотный контроль выполненных работ	Инженерно-геодезические наблюдения за осадками зданий	Деформационный мониторинг
Nikon Nivo 1.C	2013	+	+	+	+
Trimble X9	2023	–	+	–	–

Инженерно-геодезические наблюдения за осадками зданий и сооружений, а также проведение деформационного мониторинга с помощью СНЛС до сих пор являются темой экспериментальных исследований. Примером в данном случае может служить мониторинг жилого здания в г. Краснодаре в 2014 году [2]. Однако этот метод до сих пор не внедрен в повседневную практику, и его применение не регламентировано инструкциями.

Таким образом, реальную пользу при внедрении в работу службы заказчика от СНЛС можно получить только при проведении съемочных работ.

2.4 Производство съемочных работ

Согласно заявлениям разработчиков, **среди преимуществ съемочных работ СНЛС по сравнению с тахеометром можно назвать:**

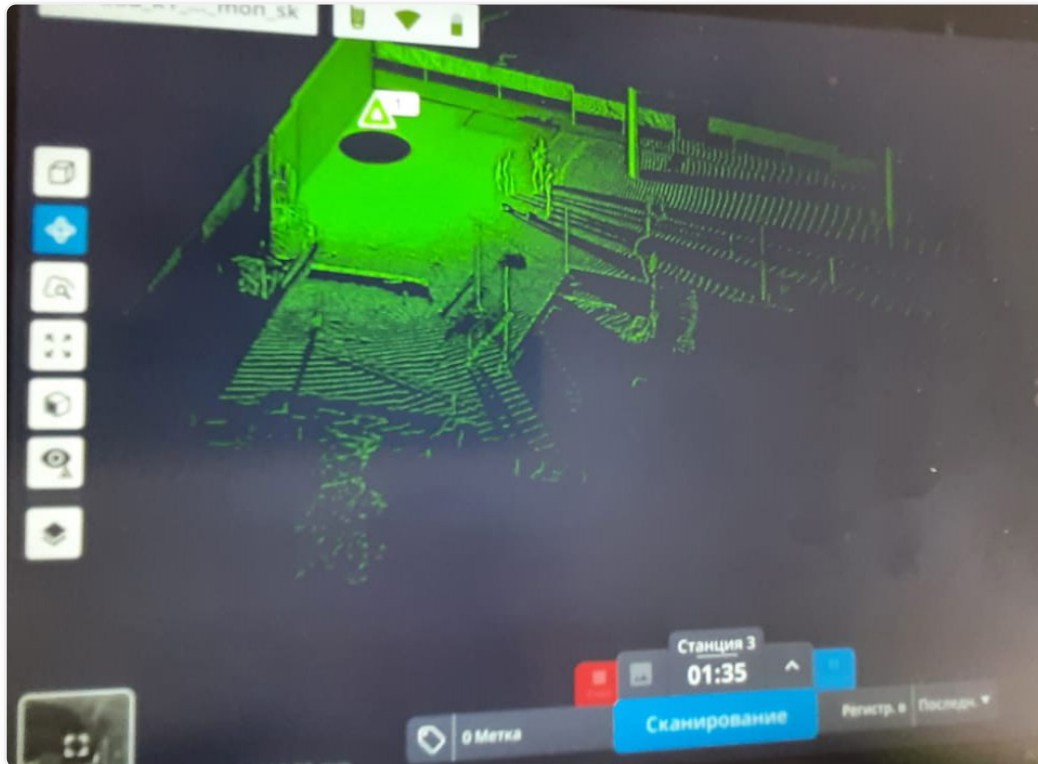
- трехмерную визуализацию в процессе съемки;
- миллиметровую точность;
- высокую скорость съемки;
- более обширные результаты.

Рассмотрим каждое из названных преимуществ.

Трехмерная визуализация обеспечивает всего лишь эффектное изображение на экране контроллера (рис. 3) и не позволяет сделать оперативный вывод об истинном положении конструкции.

Рис. 3 Экран 3D-сканера Trimble X9 в процессе съемочных работ (фото из личного архива В.А. Зубарева)

Fig. 3 A screenshot of the 3D-scanner Trimble X9 during geodetic surveying (Vladimir A. Zubarev's personal photo)



Миллиметровая точность выполнения съемки не выше, а в некоторых случаях даже ниже, чем при съемке тахеометром, и обусловлена точностью угловых измерений. Кроме того, начинающий съемку оператор не имеет представления о точности выноса исходных пунктов и, как следствие, вносит ошибку ориентирования прибора в результаты измерений.

Высокая скорость возможна лишь при наличии идеальных условий наблюдения и совершенно невозможна в реальных условиях производства.

Более обширные результаты измерений не повышают точность и не влияют на улучшение качества бетонных работ. Это обусловлено тем, что фактическое отклонение выполненной конструкции возможно лишь в местах сочленения опалубки. Съемка в подобных местах и определяет векторную величину отклонения конструкции (**рис. 4**).

На **рис. 5** представлена трехмерная модель типового этажа рассматриваемого жилого комплекса. Здесь условия для съемки идеальные. Этаж освобожден от строительного мусора, обеспылен, постороннее присутствие сведено к минимуму. Однако в реальности рабочая зона съемки обычно выглядит несколько иначе (**рис. 6**).

Рис. 4 Положение съемочных точек на 3D-модели наклонной колонны

Fig. 4 Position of the surveying points on 3D models of the inclined column

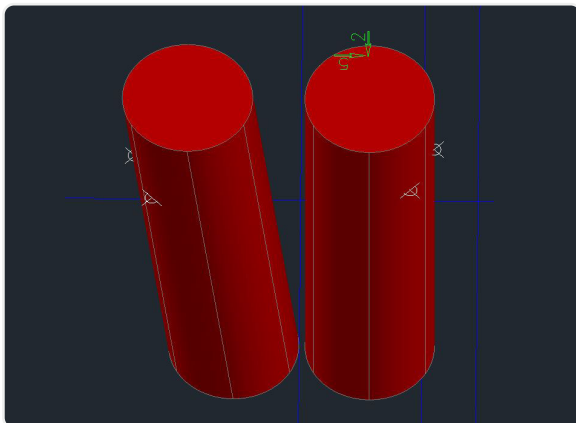


Рис. 5 Трехмерная модель типового этажа высотного здания

Fig. 5 3D model of a typical high-rise floor

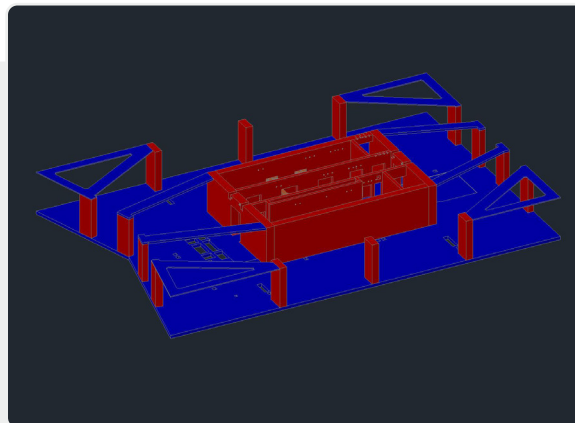
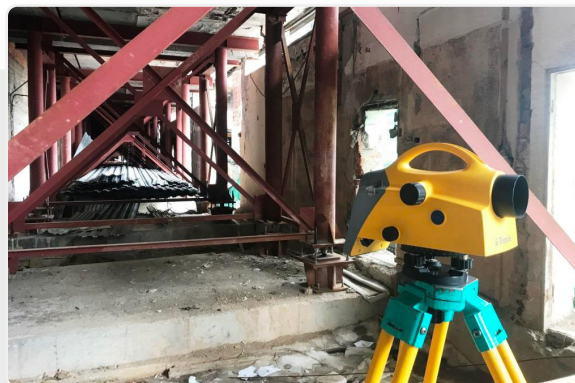


Рис. 6 Зона работ на монтажном горизонте: примеры из реальной практики (фото из личного архива В.А. Зубарева)

Fig. 6 Working area of monitoring on the mounting horizon: real-world examples (Vladimir A. Zubarev's personal photos)



2.5 Недостатки СНЛС при проведении контроля качества строительных работ

К недостаткам СНЛС относятся:

- ориентация прибора;
- невозможность ориентации и съемки конструкции при отсутствии прямой видимости ориентирных точек самого объекта съемки;

- сложность сканирования фасадов и металлоконструкций, связанная с конструктивными особенностями инструмента;
- влияние погодных условий на результаты съемки;
- недостаточная оперативность представления полученных результатов;
- огромный массив избыточных измерений;
- сложность обработки результатов (несмотря на некоторое преимущество во времени при производстве работ), приводящая к общему увеличению времени подготовки исполнительной документации;
- увеличение трудозатрат и общей стоимости работ.

Рассмотрим указанные недостатки подробнее.

Пространственная ориентация СНЛС, на наш взгляд, является самой большой проблемой в этом приборе, т. к. внятных данных аппарат не представляет и оператор вынужден довериться разработчикам и конструкторам в том, что прибор готов к работе и способен выдавать данные с заявленной точностью.

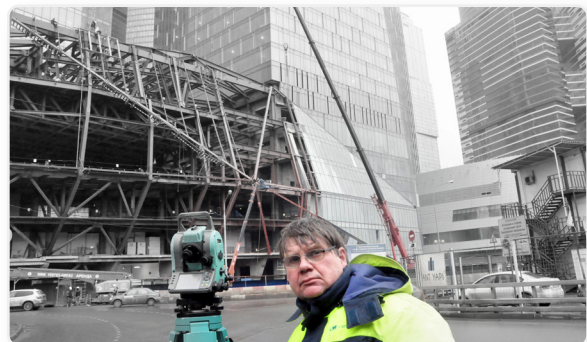
СНЛС, как уже было сказано выше, не предоставляет возможности для пространственной ориентации и последующей съемки конструкции при отсутствии прямой видимости. Тахеометр же (если использовать различные аксессуары) обладает такой возможностью без потери точности.

Конструктивные особенности СНЛС таковы, что съемка фасадов высотных зданий вызывает большие сложности, и нередко данные, полученные в постобработке результатов, не сходятся с результатами съемки, проведенной тахеометром. Связано это с различными характеристиками сканируемых зеркальных и полупрозрачных поверхностей. Переотражение луча приводит к возникновению шума в облаках точек [3].

Среди других причин можно назвать работу на минимальных значениях вертикального угла и ориентирование прибора на коротких дистанциях. Тахеометр в таких же условиях безоговорочно может быть удален на максимальное расстояние с целью приведения вертикального угла, отсчитываемого от зенита, к значениям, близким к 90° . Безотражательный режим позволяет ему ориентироваться на максимально возможную длину расстояния. То же самое относится и к съемкам металлоконструкций. На **рис. 7** представлен оперативный контроль монтажа фасада тахеометром, где точка стояния значительно удалена от объекта.

Рис. 7 Оперативный контроль монтажа конструкции металлического фасада (фото из личного архива В.А. Зубарева)

Fig. 7 Operational control of the installation of the metal facade construction (Vladimir A. Zubarev's personal photo)



Погодные условия также влияют на работу СНЛС, сокращая возможности ее применения в условиях тумана и дождя. Тахеометр при плохих погодных условиях работает с различного рода отражателями.

Оперативность предоставления данных СНЛС также является слабым местом при использовании прибора как средства оперативного контроля. Тахеометр же позволяет на месте определить отклонение конструкции и принять меры к устранению недостатков.

Избыточность измерений отвлекает от конечного результата и не позволяет получить с помощью СНЛС моментальные данные об отклонениях в виде, достаточном для работы по исправлению недостатков. Тахеометр, напротив, указывает на недостатки и определяет их местоположение оперативно и быстро.

На практике же СНЛС используется для подтверждения либо опровержения результатов съемки готовой конструкции тахеометром.

Приобретение дорогостоящей аппаратуры, обучение сотрудников, выплата зарплаты и расходы на техобслуживание ведут к значительному увеличению сметных расходов.

3 Результаты и обсуждение

Результаты тестирования СНЛС показывают, что она уступает по точности и оперативности представления исполнительной документации традиционным методам контроля за выполнением работ.

СНЛС, вне всякого сомнения, являются прогрессивным средством получения полной информации при определенных видах съемочных работ. Учитывая недостатки прибора, не представляется возможным использовать такие системы в качестве безальтернативных при проведении даже контрольных съемок в высотном строительстве без применения дополнительной аппаратуры. В то же время тахеометр позволяет выполнить контроль конструкций практически любой степени сложности с достаточной точностью.

Отметим тот факт, что тестируемый тахеометр на сегодняшний момент может считаться устаревшим морально (произведен в 2013 году) и физически (более 10 лет эксплуатации), но тем не менее превосходит СНЛС (модель 2023 года) по многим параметрам.

4 Выводы

СНЛС уверенно входит в практику строительства. Применение ее в том или ином сегменте не является предметом обсуждения и дискуссий в научной среде. Предлагается использовать этот прибор на всех стадиях строительного процесса [4]. В данной статье рассматриваются лишь те строительные процессы, которые относятся к службе геодезического контроля заказчиком правильно-сти возведения строительных конструкций.

Среди достоинств СНЛС отмечаются скорость выполнения работ, простота использования и высокая информативность, а также сокращение издержек производства на оплату труда⁵ [5]. В числе многочисленных недостатков отмечены ограниченное поле деятельности, влияние погодных условий на работу прибора, а в некоторых случаях — ошибки сканирования и привязки к координатным пунктам, связанные с ними [6].

Проводятся исследования по возможному использованию СНЛС для мониторинга строящихся зданий и окружающей застройки [7]. Такие попытки пока не выходят за рамки научных исследований и повсеместно не внедряются в практику производства. Отмечается возможность расхождения полученных результатов, связанного с указанными проблемами СНЛС (оптимальный угол сканирования и выбор расстояния до объекта строительства) [8].

Очень важным является применение СНЛС для съемки инженерных сооружений, трубопроводов внутри промышленных объектов. Однако и здесь возникают трудности, связанные с конструктивными особенностями системы обработки результатов [9].

Решить проблему представляется возможным только совместным использованием СНЛС и электронного тахеометра [10].

Подводя итог, можно охарактеризовать СНЛС как весьма перспективную, но вместе с тем далеко не идеальную систему, использование которой ограничено жесткими рамками и возможно лишь совместно с другими приборами и методами получения информации, необходимой службе геодезического контроля заказчика, тогда как тахеометр способен выполнять все виды работ строительного контроля с необходимой точностью и при этом оперативно предоставлять информацию.

⁵ Комиссаров А.В. Лазерное сканирование и трехмерное моделирование: учебно-методическое пособие для обучающихся по направлению подготовки 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование» (уровень бакалавриата). Новосибирск: СГУГиТ, 2020. 58 с.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Байрачная А.А. Сравнительный анализ функциональных возможностей роботизированных тахеометров и наземных лазерных сканеров при выполнении определенных работ // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2017. № 9. С. 36–46.
2. Кузнецова А.А., Гура Д.А., Алкачёв 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.
3. Валиева А.Р. Применение лазерного сканирования при инженерно-геодезических изысканиях // Экономика и социум. 2022. № 11-1 (102). С. 437–440. DOI:10.46566/2225-1545_2022_1_102_437.
4. Гура Т.А., Сидеропуло Г.Р. Востребованность лазерного сканирования в процессе строительства и эксплуатации объектов // Вестник магистратуры. 2016. № 12-4 (63). С. 63–65.
5. Богданов А.Н., Алешутин И.А. Наземное лазерное сканирование в строительстве и BIM-технологиях // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. № 4 (46). С. 326–332.
6. Кошан Е.К. Возможности, преимущества и недостатки наземного лазерного сканирования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Международный научный конгресс. Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке»: сборник материалов: в 2 т. Новосибирск: СГУГиТ, 2017. Т. 1. С. 27–30.
7. Куштин В.И., Ревякин А.А., Соколова В.А. и др. Современные методы мониторинга деформаций зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2020. № 11 (71). С. 27–37.
8. Мурсалимова Э.А., Бажирова Г.К., Сейтказы А.К. Геодезический контроль процесса деформации высотных сооружений с использованием технологии наземного лазерного сканирования // The Scientific Heritage. 2022. № 101. С. 28–34. DOI:10.5281/zenodo.7340757.
9. Шевченко А.А., Глазков Р.Е., Пилюшенко А.В. Принцип работы наземной сканирующей системы // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2016. № 11. С. 76–88.
10. Аникушкин М.Н. Наземные системы лазерного сканирования. Опыт работ // Геопрофи. 2005. № 1. С. 49–50.

АВТОРЫ

Зубарев Владимир Александрович

ООО «Капитал Групп», Москва, Россия

Ознамец Владимир Владимирович

✉ oznamec@list.ru

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»

(МИИГАиК), Москва, Россия

кафедра геодезии, геодезический факультет

д-р техн. наук, профессор

🆔 0000-0002-7202-3231

Поступила 30.06.2025. Принята к публикации 22.12.2025. Опубликовано 29.12.2025.

UDC 528.4

DOI:10.30533/scidata-2025-16-18



Comparative Analysis of the Practical Application of Tacheometer and Surface Laser Scanning System in the Department of Geodetic Control of Construction Works (on the Example of the Capital Towers)

Vladimir A. Zubarev¹✉, Vladimir V. Oznamets²

AFFILIATIONS

¹ Capital Group Ltd, Moscow, Russia

² Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

✉ z-volan@yandex.ru

CITATION

Zubarev VA, Oznamets VV. Comparative Analysis of the Practical Application of Tacheometer and Surface Laser Scanning System in the Department of Geodetic Control of Construction Works (on the Example of the Capital Towers). *Spatial Data: Science, Research and Technology*. 2025;16(4): 79–93. DOI:10.30533/scidata-2025-16-18.

KEYWORDS

geodetic control service, tacheometer, laser surface scanning system, Nikon Nivo 1.C, Trimble X9

ABSTRACT

This article is based on the experience of the construction control service of the customer and represents a comparative analysis of applying tools with a similar design: a laser total

station and a 3D Laser Scanning System (LSS). Based on various criteria, the following tools are compared: the Nikon Nivo 1.C laser total station and the Trimble X9 3D LSS which have similar technical specifications. The advantages and disadvantages of LSS are noted based on the technical specifications provided by the manufacturer. The article lists the main types of work performed by the geodetic control service at a high-rise construction site, as well as the possibilities of using these instruments during the work. The article also discusses the possibility of complete rejecting the use of a laser total station as the main control tool and replacing it with LSS. The construction site “Residential Complex with an Underground Parking Lot” at the address: Moscow, Krasnopresnenskaya Embankment, 14, Building 1 “Capital Towers” was taken as a test site. It was concluded that LSSs cannot become the only control tool, but is a highly specialized means of conducting monitoring works which with consistent improvement of the system can be used in a wider range of works in the construction of high-rise buildings and structures.

REFERENCES

1. Shevchenko GG, Gura DA, Bairachnaya AA. Sravnitel'nyi analiz funktsional'nykh vozmozhnostei robotizirovannykh takheometrov i nazemnykh lazernykh skanerov pri vypolnenii opredelennykh rabot [Comparative Analysis of the Functional Voices of Robotized Tacheometers and Landscape Laser Scanners for the Performance of Determined Works]. *Scientific Works of Kuban State Technological University*. 2017;9: 36–46. (In Russian).
2. Kuznetsova AA, Gura DA, Alkachev TE. Analiz poluchennykh dannykh metodom lazernogo skanirovaniya dlya vypolneniya periodicheskogo monitoringa na primere zdaniya, raspolozhennogo v g. Krasnodare [Analysis of the Data Obtained by Laser Scanning to Perform Periodic Monitoring Using the Example of a Building Located in Krasnodar]. *Scientific Papers of Kuban State Technological University*. 2014;4: 77–83. (In Russian).
3. Valieva AR. Primenenie lazernogo skanirovaniya pri inzhenerno-geodezicheskikh izyskaniyakh [Application of Laser Scanning in Engineering and Geodetic Surveys]. *Economics and Society*. 2022;11-1 (102): 437–440. (In Russian). DOI:10.46566/2225-1545_2022_1_102_437.
4. Gura TA, Sideropulo GR. Vostrebovannost' lazernogo skanirovaniya v protsesse stroitel'stva i ekspluatatsii ob'ektov [The Demand for Laser Scanning During the Construction and Operation of Facilities]. *Magistracy Bulletin*. 2016;12-4(63): 63–65. (In Russian).
5. Bogdanov AN, Aleshutin IA. Nazemnoe lazernoe skanirovanie v stroitel'stve i BIM-tekhnologiyakh [Land Laser Scanning in Construction and BIM-Technologies]. *News of the Kazan State University of Architecture and Engineering*. 2018;4(46): 326–332. (In Russian).
6. Koshan EK. Vozmozhnosti, preimushchestva i nedostatki nazemnogo lazernogo skanirovaniya [Opportunities, Advantages and Disadvantages of Ground-Based

- Laser Scanning]. *Interexpo GEO-Siberia-2017. XIII International Scientific Congress. Proceedings of Master Student Scientific Session "First Steps in Science"*. In 2 vols. Vol. 1. Novosibirsk: SSUGT; 2017: 27–30. (In Russian).
7. Kushtin VI, Revyakin AA, Sokolova VA, et al. Sovremennye metody monitoringa deformatsii zdaniy i sooruzhenii [Modern Methods of Monitoring Deformation of Buildings and Structures]. *Engineering Journal of Don*. 2020;11 (71): 27–37. (In Russian).
 8. Mursalimova EA, Bazhirova GK, Seitkazy AK. Geodezicheskii kontrol' protsessa deformatsii vysoknykh sooruzhenii s ispol'zovaniem tekhnologii nazemnogo lazernogo skanirovaniya [Geodetic Control of the Deformation Process of High-Rise Structures Using Ground-Based Laser Scanning Technology]. *The Scientific Heritage*. 2022;101: 28–34. (In Russian). DOI:10.5281/zenodo.7340757.
 9. Shevchenko AA, Glazkov RE, Pilyushenko AV. Printsip raboty nazemnoi skaniruyushchei sistemy [The Principle of Operation of Surface Scanning System]. *Scientific Papers of Kuban State Technological University*. 2016;11: 76–88. (In Russian).
 10. Anikushkin MN. Nazemnye sistemy lazernogo skanirovaniya. Opyt rabot [Terrestrial Laser Scanning Systems. Experience of Works]. *Geoprofi*. 2005;1: 49–50. (In Russian).

AUTHORS

Vladimir A. Zubarev

Capital Group Ltd, Moscow, Russia

Vladimir V. Oznamets

✉ oznamec@list.ru

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

Department of Geodesy, Faculty of Geodesy

Dr. of Sci. (Engineering), Professor

ORCID 0000-0002-7202-3231

Submitted: June 30, 2025. Accepted: December 22, 2025. Published: December 29, 2025.