

Научно-практическая статья/ Research article

УДК 528.531:681.783.24

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-4-37-45>

О возможности индивидуальной калибровки лазерных дальномеров электронных тахеометров

А. А. Шоломицкий¹✉, Н. С. Косарев¹, Б. Н. Ахмедов²

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

² Таджикский технический университет имени М. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан

e-mail: sholomitskij@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме повышения точности измерения расстояний электронными тахеометрами в условиях ограниченной доступности высокоточного зарубежного оборудования. Показана возможность индивидуальной пользовательской калибровки лазерных дальномеров электронных тахеометров для улучшения их метрологических характеристик. Исследования проводились на высокоточном базисе пространственном эталонном Сибирского государственного университета геосистем и технологий, обеспечивающем точность определения длин не более 0,2 мм. Методика индивидуальной калибровки, заключающаяся в выявлении систематических погрешностей и составлении таблицы поправок для измеренных расстояний была апробирована на тахеометрах Leica TM30 и FOIF RTS005A. Результаты показывают, что систематические погрешности могут быть успешно учтены, что позволяет существенно повысить точность измерений. Для тахеометра FOIF RTS005A среднеквадратическая ошибка (СКО) измерения расстояний была уменьшена с ± 2 мм до $\pm 0,75$ мм. Для тахеометра Leica TM30 после калибровки была достигнута более высокая точность – до $\pm 0,25$ мм. Полученные результаты подтверждают, что индивидуально откалиброванные тахеометры могут быть эффективно использованы в автоматизированных системах геодезического мониторинга и для задач высокоточной промышленной геодезии. Авторами предложено реализовать данную методику калибровки в рамках программного геодезического комплекса «Визир 3D».

Ключевые слова: лазерный дальномер, электронный тахеометр, эталон, базис, калибровка, Leica TM30, FOIF RTS005A

Для цитирования:

Шоломицкий А. А., Косарев Н. С., Ахмедов Б. Н. О возможности индивидуальной калибровки лазерных дальномеров электронных тахеометров. *Вестник СГУГиТ*. 2026. Т. 31, № 4. С. 37–45. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-4-37-45>

Methodology for individual calibration of EDM modules in electronic total stations

A. A. Sholomitskii¹✉, N. S. Kosarev¹, B. N. Akhmedov²

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

² M. Osimi Tajik Technical University, Dushanbe, Republic of Tajikistan

e-mail: sholomitskij@mail.ru

Abstract. The study addresses the critical challenge of enhancing distance measurement accuracy in electronic total stations amidst restricted access to high-end foreign instrumentation. The authors

demonstrate a viable approach for in-situ individual calibration of built-in laser rangefinders to enhance their metrological performance. The proposed methodology was validated using the high-precision spatial reference baseline at the Siberian State University of Geosystems and Technologies, which provides a length determination uncertainty not exceeding 0.2 mm. The technique involves identifying systematic errors and generating corresponding correction tables for measured distances. Validation tests were performed using Leica TM30 and FOIF RTS005A total stations. The results confirm that compensating for systematic deviations substantially refines measurement precision. Specifically, the standard deviation (RMS) of distance measurements for the FOIF RTS005A decreased from ± 2.0 to ± 0.75 mm. For the Leica TM30, post-calibration accuracy reached ± 0.25 mm. The findings substantiate the applicability of individually calibrated total stations for automated geodetic monitoring systems and high-precision industrial surveying tasks. As a practical implementation pathway, the authors propose integrating this calibration algorithm into the "Vizir 3D" software-based geodetic complex.

Keywords: rangefinder, etalon, basis, calibration, Leica TM30, FOIF RTS005A

For citation:

Sholomitskii A. A., Kosarev N. S., Akhmedov B. N. (2026). Methodology for individual calibration of EDM modules in electronic total stations. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]* Vol. 31, No. 4. pp. 37–45. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-4-37-45>

Введение

Развитие измерительных технологий, в частности, появление лазерных трекеров, привело к пересмотру места электронных тахеометров в сфере промышленной метрологии. Это выразилось в прекращении производства специализированных метрологических тахеометров (таких как серия TDA/TDRA от Leica), которые обеспечивали точность измерений до 0,2 мм на коротких расстояниях [1–3].

В текущих условиях парк высокоточного метрологического оборудования в России представлен ограниченным количеством электронных тахеометров, обеспечивающих высокую точность измерений (например, тахеометр Leica TM50 в составе государственного эталона длины [4, 5]), и практически лишен современных лазерных трекеров швейцарского и американского производства из-за санкционных ограничений. Конечно, до введения санкционных ограничений ряд компаний приобрели некоторое количество лазерных трекеров, но их количество недостаточно для решения всех задач промышленной геодезии [6–11].

Наряду с проблемой доступности, лазерные трекеры имеют существенный недостаток – ограничение по дальности измерения (до 160 м). Это не позволяет решать ряд кри-

тически важных задач промышленной геодезии, требующих обеспечения точности 0,1–0,2 мм на линиях длиной 200–300 м для создания высокоточных сетей и мониторинга крупногабаритного оборудования [12,13]. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования, направленные на повышение точности измерений электронными тахеометрами, которые регулярно ведутся сотрудниками кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела на базе пространственном эталонном СГУГиТ им. О. П. Сучкова [5, 14, 15], который на интервалах до 192 м был измерен четырежды с помощью лазерного трекера Leica AT 403. Среднеквадратические погрешности измерения расстояний, указанные в паспорте трекеров Leica AT 400-й серии, составляют ± 10 мкм. Осредненные расстояния, полученные за четыре серии измерений, использовались затем в качестве эталонных значений.

В статье [15] показана возможность индивидуальной калибровки лазерного дальномера электронного тахеометра Leica TM30. Отмечено, что СКО взятия отсчетов этим тахеометром на расстоянии до 200 м не превышает 0,2 мм, при этом поправки в измеренные длины при измерениях на призму имеют закономерный характер и могут быть учтены в дальнейшем. В рамках данной статьи авторы провели дополнительные исследования не только элек-

тронного тахеометра Leica TM30, но и китайского тахеометра FOIF RTS005A, на возможность проведения их индивидуальной калибровки.

Методика индивидуальной калибровки лазерных дальномеров электронных тахеометров. Методика индивидуальной калибровки осуществляется в два этапа. На первом этапе из серийных высокоточных инженерных тахеометров выбирается прибор с лазерным дальномером, который дает стабильные отсчеты с наименьшей средней квадратической погрешностью измерения расстояний. Затем этот тахеометр поверяется на высокоточном стенде (например [5, 16]), который в свою очередь калибруется интерферометром [17]. При калибровке определяются систематические ошибки измерения расстояний конкретным электронным тахеометром. Эти систематические ошибки в виде таблицы поправок в измеренные расстояния записываются в энергонезависимую память контроллера лазерного дальномера. На втором этапе при измерении расстояний в контроллере вычисляются интерполированные поправки, которые затем вводятся в измеренное расстояние.

Данная методика индивидуальной калибровки применялась для электронных тахеометров серии TDA/TDRA [2], которые становились эталонами и использовались для поверки базисов и серийных электронных тахеометров. Стоит отметить, что аналогичный подход используется для российских дальномеров, выпускаемых компанией ООО «Синтэла» [18].

С появлением аппаратно-программных измерительных комплексов [19] и онлайн-методов измерений появилась возможность индивидуальной калибровки лазерных дальномеров самим пользователем, конечно при выполнении нескольких условий: наличием электронного тахеометра с малой средней квадратической погрешностью взятия отсчетов и доступом к высокоточному эталонному базису. В этом случае можно определить отклонения измеренных длин от эталонных и сформировать таблицу поправок. Используя эту таблицу, автоматически в программе будут вычисляться поправки путем интерполяции и вводиться в измеренную длину линий.

Такая методика индивидуальной калибровки является более универсальной и не требует обращения к производителю и перепрограммирования контроллера, но и ответствен-

ность за правильность калибровки тоже ложится на пользователя электронного тахеометра.

Апробация методики индивидуальной калибровки лазерных дальномеров электронных тахеометров. Апробация методики индивидуальной калибровки осуществлялась на базе пространственном эталонном СГУГиТ им. О. П. Сучкова [20], точность определения длин которого с первого до десятого пункта составляет не более 0,2 мм. Методика измерения эталонных длин и полученная точность приведены в работе [5].

Измерения выполнялись последовательно с первого до десятого пункта на сферический отражатель диаметром 32 мм (рисунок 1, а), имеющий постоянную, равную $-22,0$ мм (рисунок 1, б) в 2023, 2024 и 2025 гг.



а) установка тахеометра



б) измерение на сферическую призму $\varnothing 32$ мм

Рис. 1. Проведение измерений на базе пространственном эталонном СГУГиТ им. О. П. Сучкова

В исследовании методики индивидуальной калибровки участвовали два электронных тахеометра Leica TM30 и FOIF RTS005A, для кото-

рых по отклонениям от среднего были рассчитаны СКП измерения длины для каждого эталонного расстояния из 160 измерений (рис. 2).

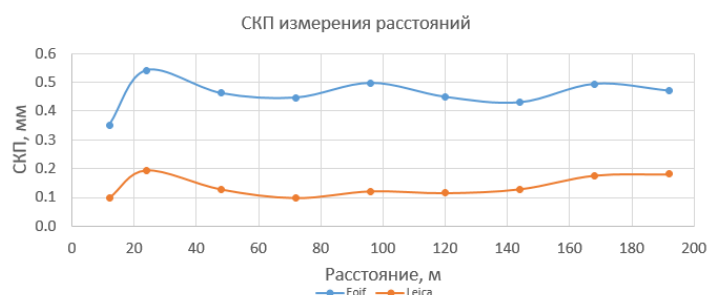


Рис. 2. СКП измерения длины для каждого эталонного расстояния

Исследование точности измерения расстояний электронным тахеометром FOIF RTS005A

Тахеометром FOIF RTS005A были выполнены двенадцать серий измерений в отражательном режиме. Каждая точка измерялась многократно при круге лево (КЛ) и при круге право (КП). Каждый раз до начала измерений определялись параметры атмосферы, которые затем учитывались в тахеометре.

Далее для каждой серии измерений рассчитывались поправки как отклонения измеренных длин от эталонных (рис. 3).

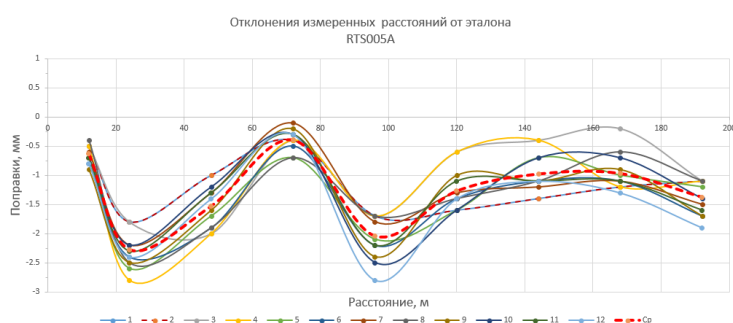


Рис. 3. Графики отклонения измеренных длин от эталона (красной пунктирной линии обозначено среднее отклонение)

Как видно из рис. 3, все серии измерений имеют отрицательную величину, что предполагает наличие некоторой систематической составляющей, которую в дальнейшем можно учесть. Для этого из каждой 12 серий измерений были вычтены средние отклонения по каждой линии (рис. 4).

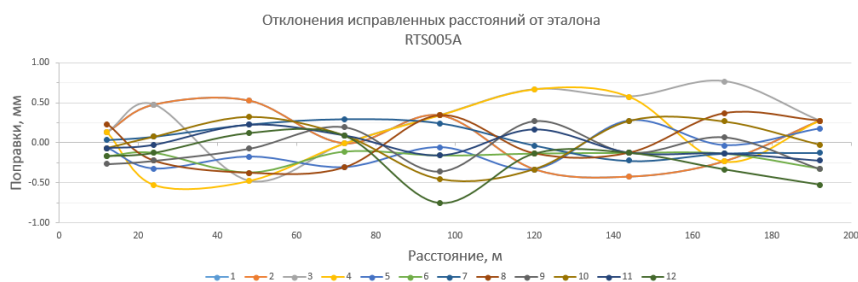


Рис. 4. Отклонения исправленных длин от эталона

Отклонения, показанные на рис. 4, имеют разные знаки, что характерно для случайных ошибок измерений, при этом диапазон отклонений находится в пределах от -0,75 до 0,75 мм.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

- подтверждаются заявленные производителем технические характеристики измерения расстояний электронным тахеометром FOIF RTS005A;

- при стабильной работе лазерного дальномера можно учесть систематические погрешности измерений и повысить точность измерения расстояний с ± 2 мм до $\pm 0,75$ мм;

- для подтверждения полученных результатов требуются дополнительные исследования лазерного дальномера электронного тахеометра FOIF RTS005A в различных условиях.

Исследование точности измерения расстояний электронным тахеометром LEICA TM30

Электронным тахеометром Leica TM30 было выполнено восемь серий измерений в отражательном режиме. Каждая точка измерялась многократно при круге лево (КЛ) и при круге право (КП). Каждый раз до начала измерений определялись параметры атмосферы, которые затем учитывались в тахеометре.

Далее для каждой серии измерений рассчитывались поправки как отклонения измеренных длин от эталонных (рис. 5).

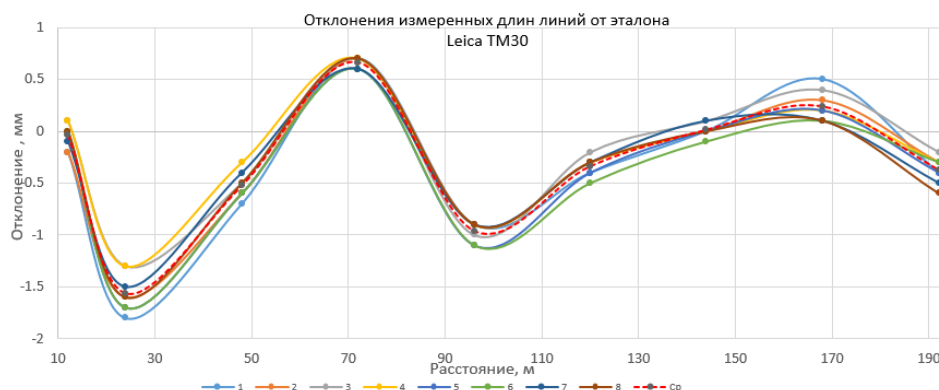


Рис. 5. Графики отклонения измеренных длин от эталона (красной пунктирной линии обозначено среднее отклонение)

Графики на рис. 5 показывают, что отклонения небольшие и носят систематический характер, который в дальнейшем можно учесть. Для этого из каждой восьми серий измерений были вычтены средние отклонения по каждой линии (рис. 6).

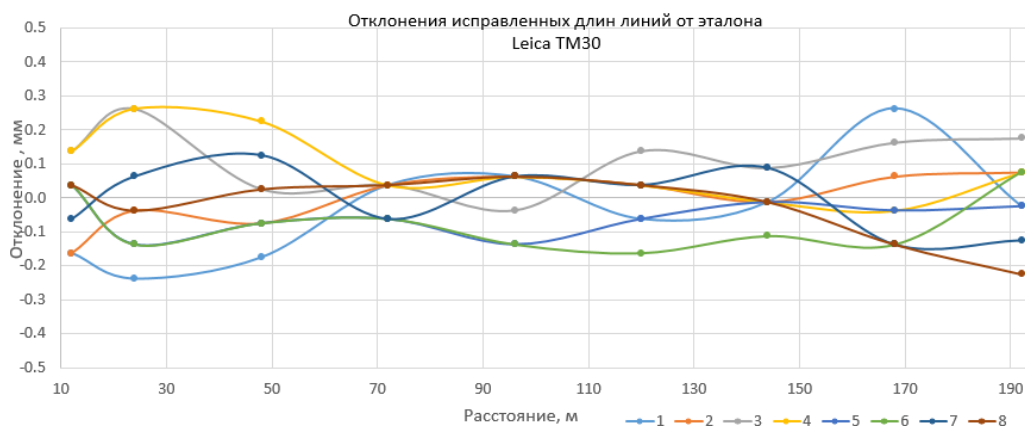


Рис. 6. Отклонения исправленных длин от эталонных

Отклонения, показанные на рис. 6, имеют разные знаки, что характерно для случайных ошибок измерений, при этом диапазон отклонений находится в пределах от $-0,25$ до $0,25$ мм, а в среднем менее $\pm 0,2$ мм.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

- подтверждаются заявленные производителем технические характеристики измерения расстояний электронным тахеометром Leica TM30;

- при стабильной работе лазерного дальномера можно учесть систематические погрешности измерений и повысить точность измерения расстояний с ± 2 мм до $\pm 0,25$ мм;

Заключение

Исследования электронных тахеометров FOIF RTS005A и Leica TM30 на базе пространственном эталонном СГУГиТ им. О. П. Сучкова показали, что оба тахеометра имеют систематические отклонения при измерении эталонных длин базиса, и есть возможность учесть систематические ошибки измерений при индивидуальной калибровке каждого из этих тахеометров при выполнении онлайн-геодезических измерений. Так, средняя квадратическая ошибка измерения расстояний электронным тахеометром FOIF RTS005A на расстояниях до 200 м составляет

$\pm 0,75$ мм. Для электронного тахеометра Leica TM30, при индивидуальной калибровке, можно довести среднюю квадратическую погрешность измерения расстояний до $\pm 0,2$ мм.

По результатам исследований можно с уверенностью говорить о том, что областью применения электронного тахеометра FOIF RTS005A могут быть автоматизированные системы геодезического мониторинга (АСГМ) объектов критической инфраструктуры [21]. В свою очередь, электронные тахеометры Leica TM30, кроме мониторинга, можно использовать также для высокоточной промышленной геодезии.

Остается открытым вопрос о стабильности работы исследуемых дальномеров, что в свою очередь будет определять частоту выполнения индивидуальной калибровки. При этом индивидуальную калибровку можно использовать при онлайн-геодезических измерениях программным комплексом «Визир 3D» [19].

Для индивидуальной калибровки электронных тахеометров на расстояниях более 200 м необходимо создание базиса большой длины, измеренного с высокой точностью. Хотя для многих объектов автоматизированного геодезического мониторинга и высокоточной выверки промышленного оборудования подходит индивидуальная калибровка дальномеров на базисе до 200 м [12, 13].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сайт компании Leica Geosystems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://leica-geosystems.com>.
2. Высокоточный тахеометр Leica TDRA6000 [Электронный ресурс]/ – Режим доступа: <https://www.promgeo.com/equipment/total-stations/total-station-leica-tdra6000/>.
3. Иванов М. А., Стёпкин А. Ю., Шкавера К. Н. Исследование точностных характеристик тахеометров и лазерной рулетки фирмы «Leica». Записки Горного института. 2002. № 1, Том 150. С. 64–67.
4. Shchipunov A. N., Tatarenkov V. M., Denisenko O. V., Sil'vestrov I. S., Fedotov V. N., Vasil'ev M. Yu., Sokolov D. A. A set of standards for support of the uniformity of measurements of length in the range above 24 m: current state and prospects for further development. Measurement Techniques. – 2019. – Vol. 57 (11). – P. 1228–1232. – DOI: 10.1007/s11018-015-0610-9.
5. Косарев Н. С., Шоломицкий А. А., Ханзаян М. А., Сердаков Л. Е., Крапивин В. С., Сучков И. О. Результаты сравнения длин линий на базисе пространственном эталонном СГУГиТ. Геодезия и картография. – 2024. – № 2. – С. 12–20. DOI: 10.22389/0016-7126-2024-1004-2-12-20.
6. Полянский А. В., Крапивин В. С., Буренков Д. Б., Вонда Е. С., Сердаков Л. Е. О геодезическом обеспечении создания комплекса «Скиф». Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 5. – С. 67–76. – DOI: 10.33764/2411-1759-2022-27-5-67-76.

7. Ефремкин О. С., Шапошников С. Н. Определение отклонений внутреннего контура цилиндрических конструкций лазерным трекером // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 6-2 (86). – С. 284–288.
8. Ерошков В. Ю. Использование мобильной координатно-измерительной машины на базе лазерного трекера для аттестации испытательного оборудования // Газотурбинные технологии. – 2019. – № 5 (164). – С. 26–30.
9. Брежнев В. Г., Колесникова Ю. В. Совершенствование методики контроля геометрических параметров воздушного судна с помощью лазерного трекера // Современные проблемы лингвистики и методики преподавания русского языка в вузе и школе. – 2022. – № 35. – С. 794–801.
10. Сазонникова Н. А., Илюхин В. Н., Сурудин С. В., Мезенцев Д. А. Контроль оснастки для инкрементального формообразования с помощью лазерного трекера // Динамика и виброакустика. – 2021. – Т. 7, № 4. – С. 30–39. – DOI: 10.18287/2409-4579-2021-7-4-30-39.
11. Кузин А. А., Петров В. В., Пефтиев А. А. Геодезическое обеспечение выверки формы отражающей поверхности главного зеркала радиотелескопа с применением лазерных трекеров. Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т. 28, № 1. – С. 22–32. – DOI: 10.33764/2411-1759-2023-28-1-22-32.
12. Mogilny S. G., Sholomitskii A. A., Sotnikov A. L. Technical Audit of Rotary Aggregates. Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). ICIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, Volume II, p. 541 – 550 https://doi.org/10.1007/978-3-030-22063-1_57
13. Могильный С. Г., Шоломицкий А. А., Лунев А. А., Сотников А. Л., Ватралик Э. М., Фролов И. С. Совершенствование технологий контроля положения и выставки оборудования МНЛЗ. Металлургические процессы и оборудование. – 2012. – № 3 (30). – С. 12–25.
14. Шоломицкий А. А., Косарев Н. С., Сердаков Л. Е., Лагутина Е. К., Сучков И. О. Исследование фазового светодальномера электронного тахеометра FOIF RTS005A на базисе пространственном эталонном СГУГиТ // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Том 29 (1). – С. 54–64. DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-1-54-64.
15. Шоломицкий А. А., Косарев Н. С., Никонов А. В., Сердаков Л. Е., Соболева Е. Л. Исследование точности измерения длин лазерными дальномерами электронных тахеометров. Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29, № 5. – С. 59–68. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-5-59-68.
16. Райшман С. Аккредитация вызывает доверие. Reporter 63 Периодическое издание Leica Geosystems. Русская версия. Leica Geosystems AG, Хеебрютг (Швейцария) Сентябрь 2010. – С. 6–7.
17. Lechner J., Kosarev N. S., Trevoho I. S. Conversion of units of length from the Czech state standard to the geodetic baseline Javoriv. Acta Polytechnica. – 2022. – Vol. 62(6). – P. 618–622. DOI: 10.14311/AP.2022.62.0618.
18. Сайт ООО «СИНТЭЛА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://lasertech-nics.org/SINTELA_RTS362.pdf.
19. Сайт продукта «Визир 3D» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sholomitskij.wixsite.com/sholomitskij/vizir-3d>.
20. Karpik A. P., Kosarev N. S., Antonovich K. M., Ganagina I. G., Timofeev V. Y. Operational experience of GNSS receivers with Chip Scale Atomic Clocks for baseline measurements. Geodesy and Cartography. – 2018. – Vol. 44(4). – P. 140–145. DOI: 10.3846/gac.2018.4051.
21. Косарев Н. С. О необходимости создания отечественного программного обеспечения для автоматизированного геодезического мониторинга. Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 3. – С. 5–14. DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-3-5-14.

REFERENCES

1. Leica Geosystems website. Retrieved from <https://leica-geosystems.com>
2. High-precision total station Leica TDRA6000. Retrieved from <https://www.promgeo.com/-equipment/total-stations/total-station-leica-tdra6000/>
3. Ivanov M.A., Stepkin A.Yu., & Shkavera K.N. (2002) Study of the accuracy characteristics of tacheometers and laser tape measures from Leica. *Notes of the Mining Institute*, 150 (1), 64–67. [in Russian].
4. Shchipunov, A. N., Tatarenkov, V. M., Denisenko, O. V., Sil'vestrov, I. S., Fedotov, V. N., Vasil'ev, M. Yu., & Sokolov, D. A. (2015). A set of standards for support of the uniformity of meas-

urements of length in the range above 24 m: current state and prospects for further development. *Measurement Techniques*, 57(11), 1228-1232. DOI: 10.1007/s11018-015-0610-9.

5. Kosarev N. S., Sholomitskii A. A., Khanzadyan M. A., Serdakov L. Ye., Krapivin V. S., & Suchkov I. O. (2024) Line lengths comparison results on the spatial reference basis SGUGIT. *Geodezia i Kartografiya [Geodesy and cartography]*, 85 (2), 12–20 [in Russian]. DOI: 10.22389/0016-7126-2024-1004-2-12-20

6. Polyansky A.V., Krapivin V.S., Burenkov D.B., Vonda E.S., & Serdakov L.E. (2022) The alignment strategy for the SKIF synchrotron radiation source. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 27(5), 67-76. DOI: 10.33764/2411-1759-2022-27-5-67-76

7. Efremkin O.S., & Shaposhnikov S.N. (2018) Determination of deviations of the internal contour of cylindrical structures by a laser tracker. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences [Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk]*, 2018, 20 (6-2), 284-288 (in Russian).

8. Eroshkov V.Yu. (2019) Using a mobile coordinate measuring machine based on a laser tracker for certification of testing equipment. *Gas turbine technologies [Gazoturbinnye tekhnologii]*, 2019, 5 (164), 26-30 (in Russian).

9. Brezhnev V.G., & Kolesnikova Yu.V. (2022) Improving methods for monitoring aircraft geometric parameters using a laser tracker. *Modern problems of linguistics and methods of teaching the Russian language at universities and schools [Sovremennye problemy lingvistiki i metodiki prepodavaniya russkogo yazyka v VUZe i shkole]*, 2022, 35, 794-801 (in Russian).

10. Sazonnikova N.A., Ilyuhin V.N., Surudin S.V., & Mezencev D.A. (2021) Control of equipment for incremental forming using a laser tracker. *Dynamics and Vibroacoustics [Dinamika i vibroakustika]*, 2021, 7(4), 30-39. DOI: 10.18287/2409-4579-2021-7-4-30-39 (in Russian).

11. Kuzin A.A., Petrov V.V., & Peftiev A.A. (2023) Geodetic supply of alignment the reflecting surface's shape of the main mirror of a radio telescope using laser trackers. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 28(1), 22-32. DOI: 10.33764/2411-1759-2023-28-1-22-32.

12. Mogilny, S. G., Sholomitskii, A. A., & Sotnikov, A. L. (2019) Technical Audit of Rotary Aggregates. *Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). ICIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, Volume II*, p.541–550 https://doi.org/10.1007/978-3-030-22063-1_57

13. Mogilny S.G., Sholomitskii A.A., Lunev A.A., Sotnikov A.L., Vatralik E.M., & Frolov I.S. (2012) Improving technologies for monitoring the position and alignment of continuous caster equipment. *Metallurgical processes and equipment*, 3(30), 12–25 [in Russian]

14. Sholomitskii, A. A., Kosarev, N. S., Serdakov, L. E., Lagutina, E. K., & Suchkov, I. O. (2024). Study of the phase rangefinder of the electronic total station FOIF RTS005A on the SSUGT spatial reference basis. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 29(1), 54–64. DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-1-54-64 [in Russian].

15. Sholomitskii, A. A., Kosarev, N. S., Nikonov, A.V., Serdakov, L. E., & Soboleva, E. L. (2024). The length measurement accuracy research by laser range finders of electronic total stations. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 29(5), 59–68. DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-5-59-68 [in Russian].

16. Raishman S. (2010) Accreditation Inspires Trust. Reporter 63. Leica Geosystems, 6-7.

17. Lechner, J., Kosarev, N. S., & Trevoho, I. S. (2022) Conversion of units of length from the Czech state standard to the geodetic baseline Javoriv. *Acta Polytechnica*, 62(6), 618-622. DOI: 10.14311/AP.2022.62.0618

18. Website of SINTELA LLC. Retrieved from https://lasertechnics.org/SINTELA_RTS362.pdf [in Russian]

19. Product website "Vizir 3D". Retrieved from <https://sholomitskij.wixsite.com/sholomitskij/vizir-3d>.

20. Karpik, A. P., Kosarev, N. S., Antonovich, K. M., Ganagina, I. G., & Timofeev, V. Y. (2018). Operational experience of GNSS receivers with Chip Scale Atomic Clocks for baseline measurements. *Geodezia i Kartografiya [Geodesy and cartography]*, 44(4), 140-145. DOI:10.3846/gac.2018.4051

21. Kosarev, N. S. (2025) On the necessity of creating Russian software for automated geodetic monitoring. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 30(3), 5–14. DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-3-5-14 [in Russian].

Об авторах

Андрей Аркадьевич Шоломицкий – доктор технических наук, профессор кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела.

Николай Сергеевич Косарев – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела.

Бахтиёр Назруллоевич Ахмедов – кандидат технических наук, ассистент кафедры инженерной геодезии, картографии и маркшейдерского дела.

Author details

Andrey A. Sholomitskii – D.Sc, Professor, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying.

Nikolai S. Kosarev – PhD, Associate Professor, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying.

Bakhtiyor N. Akhmedov – PhD, Assistant, Department of Engineering Geodesy, Cartography and Mine Surveying.

Получено / Received 19.09.2025

Поступила после рецензирования / Revised 09.10.2025

Принята к публикации / Accepted 22.06.2026