

УДК 528.088.3

Е.С. Богданец, А.С. Тютюков, В.А. Чистогова

E.S. Bogdanets, A.S. Tyutyukov, V.A. Chistogova

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБОРА РЕЖИМА РАБОТЫ
ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА
LEICA FLEXLINE TS06PLUS НА ТОЧНОСТЬ
ПОЛУЧАЕМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE CHOICE
OF THE OPERATING MODE OF THE LASER RANGEFINDER
OF THE ELECTRONIC TOTAL STATION LEICA FLEXLINE
TS06PLUS ON THE ACCURACY OF MEASUREMENTS**

Проанализированы режимы измерения расстояний электронного тахеометра «Быстро» и «Точно». Исследованы основные составляющие средней квадратической погрешности (СКП) измерения расстояния и значения этих составляющих.

Ключевые слова: дальномер, электронный тахеометр, ошибка центрирования, ppm, средняя квадратическая погрешность.

Analyzed the modes of measurement of total station distances "Fast" and "Exactly". The components of the mean square error of distance measurement were investigated.

Keywords: range finder, electronic total station, centering error, ppm, mean square error.

Одной из важнейших составляющих геодезических и маркшейдерских измерений является определение расстояний. В настоящее время для этого в основном используются лазерные дальномеры, являющиеся частью электронных тахеометров.

В дальномерах, современных маркшейдерско-геодезических приборах, для измерения расстояния до объектов используются импульсный или фазовый методы [1, с. 43].

Импульсный дальномер характеризуется малым временем измерения, большим размером лазерного пятна, низкой точностью измерений, отсутствием измерений (одиночный режим), если слишком низкое соотношение сигнал – шум.

Фазовый дальномер характеризуется длительным временем измерения, малым лазерным пятном, наиболее высокой точностью измерения.

В современных тахеометрах для измерения расстояния могут использоваться как импульсный, так и фазовый методы измерения расстояний или их комбинация. Все зависит от условий измерений и необходимой точности.

Для пользователей в программную оболочку тахеометра добавили возможность выбора режима работы дальномера, условно разделив ее на «Быстро» и «Точно». В ходе написания данной работы было проведено исследование разницы в точности определения расстояний между этими двумя режимами.

Стоит отметить, что полученные измерения содержат несколько погрешностей:

$$m^2 = m_{\text{ц}}^2 + m_{\text{инстр}}^2 + m_{\text{атм}}^2,$$

где m – общая ошибка измерения расстояний; $m_{\text{ц}}$ – ошибка центрирования; $m_{\text{инстр}}$ – ошибка измерения расстояния дальномером; $m_{\text{атм}}$ – ошибка поправки за атмосферные условия.

Далее проанализируем каждую составляющую этого уравнения.

Ошибка центрирования ($m_{\text{ц}}$). Первая ошибка измерения расстояния возникает из-за неточной установки прибора над точкой, с которой будут производиться измерения. Для определения ошибки центрирования тахеометр был отцентрирован над точкой и к нему под углом 90° и на расстоянии 3 м было выставлено 2 отражателя. При круге право и круге лево было взято по 3 отчета в режиме «Быстро» и по 3 отчета в режиме «Точно» (рис. 1). Затем крепежный винт подставки тахеометра откреплялся, и прибор поворачивался приблизительно на 60° . После этого выполнялось повторное центрирование над точкой, и снова производились операции, описанные выше. В результате была определена ошибка центрирования, которая при дальнейшем нахождении СКП измерения расстояний нами не была учтена.

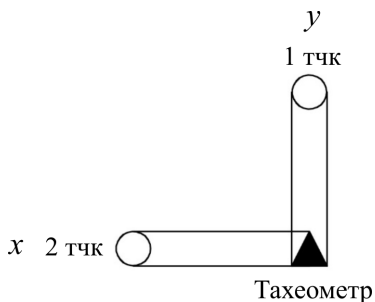


Рис. 1. Схема определения ошибки центрирования

Была найдена СКП в режимах «Быстро» и «Точно» для точек 1 и 2 (m_x и m_y). На основе этого была найдена общая ошибка центрирования:

$$m_{ц} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = 0,38 \text{ мм.}$$

Ошибка измерения расстояния дальномером ($m_{инстр}$). Лазерный дальномер имеет погрешности в измерениях, которые зависят от многих факторов окружающей среды (см. подробнее в работе [2]). Для определения $m_{инстр}$ нами были произведены измерения расстояний различной длины с интервалом в 15 м. Всего на каждом измеряемом отрезке было взято по 40 отчетов: 20 отчетов в режиме «Быстро» и 20 в режиме «Точно» (рис. 2).

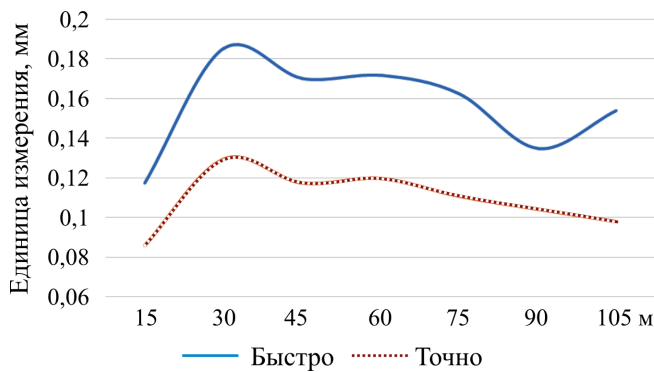


Рис. 2. СКП измерения расстояния дальномером в режимах «Быстро» и «Точно»

На графике видно, что СКП измерения расстояний в режиме «Быстро» превышает СКП измерения расстояний в режиме «Точно» на любом из участков. Максимальная и минимальная ошибки измерения расстояния в режиме «Быстро» составляют 0,185 и 0,117 мм соответственно, в режиме «Точно» – 0,129 и 0,086 мм.

В данном исследовании важным элементом анализа также является время взятия отсчета в режимах «Быстро» и «Точно». Засекая время взятия 10 отчетов друг за другом и деля полученное время на 10, получаем время взятия одного отсчета. Получены результаты: режим «Быстро» – 1,74 с; режим «Точно» – 2,7 с.

Ошибка поправки за атмосферные условия ($m_{атм}$). В реальности измерения расстояний выполняются в самых разных атмосферных условиях. Если в измеренные величины не вводить поправки за атмосферу, то это приведет к возникновению дополнительной ошибки $m_{атм}$. Вследствие этого возникает задача учета влияния отличия реальных атмосферных условий от стандарт-

ных. Поправку за атмосферные условия необходимо вводить в измеренное значение длины линии $D_{\text{изм}}$, чтобы получить реальное значение длины этой же линии D [2].

$$D = D_{\text{изм}} (1 + \text{ppm} \cdot 10^{-6}),$$

где $D_{\text{изм}}$ – непосредственно измеренная наклонная дальность интервала с учетом постоянных электронного дальномера и призм, м; ppm – пропорциональная поправка, мм/км, рассчитываемая с учетом преобладающих во время выполнения измерений атмосферных условий по формуле

$$\text{ppm} = 286,34 - \frac{0,29525p}{1 + \frac{t}{273,15}} - \frac{4,126 \cdot 10^{-4}h}{1 + \frac{t}{273,15}} \cdot 10^{\frac{7,5t}{237,3+t} + 0,7857},$$

где p – атмосферное давление, мбар; t – температура воздуха, °C; h – относительная влажность, %.

При наших лабораторных условиях ppm = 19,5 мм/км.

Общая СКП измерения расстояний дальномером (m). На основании проведенных исследований рассчитаем общую ошибку измерения расстояний (рис. 3).

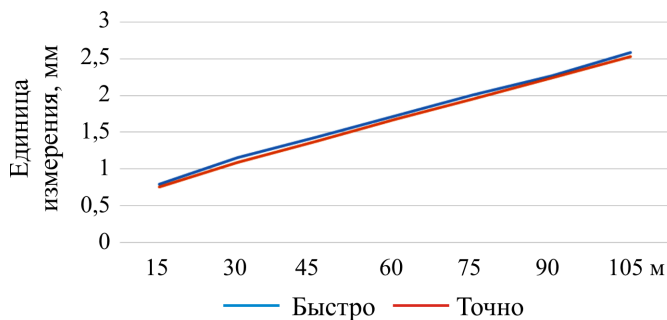


Рис. 3. Ошибка измерения расстояний в режимах «Быстро» и «Точно»

Из исследования видно, что графики «Быстро» и «Точно» можно описать уравнениями

$$m_{\text{точно}} = 0,49 + \text{ppm},$$

$$m_{\text{быстро}} = 0,54 + \text{ppm}.$$

Исходя из вышесказанного, сделаем вывод, что режим работы дальномера в незначительной степени влияет на точность измерения расстояния, так как основную часть ошибки составляет ошибка центрирования, а также

атмосферная поправка. Стоит также выделить, что атмосферная поправка прямо пропорциональна увеличению расстояния, r_{pm} является отдельной величиной, не учитывая которую мы получаем большую ошибку измерения расстояния.

Однако при выполнении задач, где нам не важна разница в точности между режимами, например при выполнении тахеометрической съемки, целесообразнее будет воспользоваться режимом «Быстро» для экономии времени. Так, например, при измерении 1000 пикетов экономия времени составляет 14,2 мин только за счет применения режима измерения «Быстро».

Список литературы

1. Лазерные приборы и методы измерения дальности: учеб. пособие / В.Б. Бокшанский, Д.А. Бондаренко, М.В. Вязовых, И.В. Животовский, А.А. Сахаров, В.П. Семенков; под ред. В.Е. Карасика. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.

2. Leica FlexLine TS02/TS06/TS09 [Электронный ресурс]: руководство по эксплуатации. – URL: http://ugt.ur.ru/documents/manuals/FlexLine_User-Manual_v3_ru.pdf (дата обращения: 10.10.2017).

Получено 12.10.2017

Богданец Евгений Сергеевич – старший преподаватель, горно-нефтяной факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: 59ru@inbox.ru.

Тютюков Антон Сергеевич – студент, горно-нефтяной факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: vimikstas@mail.ru.

Чистогова Виктория Александровна – студентка, горно-нефтяной факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: chistogova.viktoria@yandex.ru.