

Исследование результатов линейных измерений в условиях тумана

А. С. Горилько^{1}, М. А. Минаева², А. М. Астапов²*

¹ Общество с ограниченной ответственностью «Метрика-Групп», г. Новосибирск,
Российская Федерация

² Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: cahek28@mail.ru

Аннотация. Применение современных средств геодезических измерений во многом зависит от внешних возмущающих воздействий. Такие факторы как резкий перепад температур, турбулентность воздуха, его запыленность и загазованность, негативно влияют на результаты геодезических измерений. В данной работе рассматривается пример современного геодезического оборудования – роботизированный тахеометр Trimble S9 в комплекте с активной отражательной призмой. С таким оборудованием представляется возможным выполнять измерения в условиях тумана и запыленности при решении определенных прикладных задач. Выполнена оценка качества результатов измерений в двух случаях – благоприятные условия и при наличии тумана. Установлено, что при наличии тумана вдоль измеряемой линии значительно искажается значение измеряемого расстояния и в нашем случае достигает 5,0 мм. Такое влияние на результаты измерений приведет к значительным ошибкам в определении координат.

Ключевые слова: роботизированный тахеометр, инфракрасный идентификатор цели, отражатель, измеряемое расстояние, средняя квадратическая ошибка

Study of the linear measurement results in fog condition

A. S. Goril'ko^{1}, M. A. Minaeva², A. M. Astapov²*

¹ Limited Liability Company «Metrika-Grupp», Novosibirsk, Russian Federation

² Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: cahek28@mail.ru

Abstract. The application of modern means of geodetic measurements largely depends on external disturbing influences. Factors such as a sharp temperature drop, air turbulence, its dustiness and gas contamination, negatively affect the results of geodetic measurements. This paper considers an example of modern geodetic equipment – a robotic total station TrimbleS9 equipped with an active reflective prism. With such equipment, it is possible to perform measurements in fog and dust conditions when solving certain applied tasks. The quality of the measurement results was evaluated in two cases – favorable conditions and in the presence of fog. It was found that in the presence of fog along the measured in, the value of the measured distance is significantly distorted and in our case reaches 5.0 mm. Such an impact on the measurement results will lead to significant errors in determining the coordinates.

Keywords: robotic total station, infrared target identifier, reflector, measured distance, RMSE

Введение

В условиях развития способов и средств геодезических измерений все чаще находят свое применение относительное спутниковое позиционирование и трехмерное лазерное сканирование [1, 8, 9]. Появление роботизированных

тахеометров также способствует развитию отдельных методик выполнения измерений [7].

Применение любого тахеометра во многом зависит от ряда внешних возмущающих факторов [2–5]. К таким факторам относится: резкий перепад температур, турбулентность воздуха, его загазованность и запыленность. Явление туманов также негативно влияет на результаты геодезических измерений [6, 10–11].

В последние годы инженеры-разработчики мировых производителей геодезического оборудования предлагают инновационные решения, позволяющие частично обойти данное обстоятельство. Все современные роботизированные тахеометры имеют возможность поиска и захвата отражательной цели. Тем самым они решают задачу наведения на отражатель через туман и дымку. Вместе с тем такая технология имеет существенные недостатки при наличии большого количества отражателей в поле зрения, так как тахеометр-робот может ошибочно выполнить наведение не на тот отражатель.

Для решения задачи автоматического наведения на конкретную отражательную цель компанией Trimble еще несколько лет назад было предложено применение активных отражательных призм с инфракрасным идентификатором цели [7]. При применении такого призмного отражателя полностью решается вопрос автоматического наведения на конкретную цель при отсутствии видимости из-за тумана и дымки.

Методы и материалы

Для оценки качества результатов измерений в условиях тумана нами были выполнены исследования, которые заключались в производстве измерений на активный призмный отражатель «Trimble Multi Track». В качестве средства измерения применялся роботизированный тахеометр Trimble S9. Измерения выполнялись при отсутствии тумана и при его наличии, а также в разное время суток. Для исключения ошибок за центрирование тахеометр и отражатель устанавливались на пунктах с принудительным центрированием.

На рис. 1 представлен общий вид роботизированного тахеометра Trimble S9 и активной отражательной призмы Trimble Multi Track.



Рис. 1 Общий вид применяемого геодезического оборудования:
а) роботизированный тахеометр Trimble S9; б) активная отражательная призма Trimble Multi Track

Измерения выполнялись при отсутствии тумана и при его наличии в разное время суток. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений

№ п/п	Измерения при тумане, м			Измерение при благоприятных условиях (пасмурная, безветренная погода), м		
	Дата: 21.04.2022 Время: 8:35	Дата: 06.05.2022 Время: 12:55	Дата: 11.05.2022 Время: 13:30	Дата: 21.04.2022 Время: 13:50	Дата: 07.05.2022 Время: 21:00	Дата: 11.05.2022 Время: 15:00
1	458,751	458,750	458,751	458,744	458,745	458,744
2	458,752	458,751	458,750	458,745	458,743	458,745
3	458,748	458,753	458,753	458,745	458,744	458,745
4	458,749	458,751	458,752	458,744	458,746	458,745
5	458,748	458,749	458,749	458,747	458,745	458,746
6	458,749	458,750	458,750	458,745	458,744	458,747
7	458,751	458,753	458,750	458,744	458,744	458,746
8	458,749	458,751	458,752	458,745	458,746	458,744
9	458,751	458,750	458,751	458,744	458,747	458,743
10	458,752	458,751	458,753	458,745	458,744	458,745
Сред- нее:	458,750	458,751	458,751	458,745	458,744	458,745

Из табл. 1, видно, что величина измеряемого расстояния несколько выше при выполнении измерений в условиях тумана. Это обусловлено неоднородной повышенной плотностью воздуха в местах вдоль измеряемой линии. Присутствия тумана и пыли значительно искажает результат измерения расстояния, и в нашем случае ошибка достигает 5,0 мм.

Среднее значение серии измерений при благоприятных условиях было принято за эталон.

Необходимо отметить, что при благоприятных условиях роботизированный тахеометр несколько быстрее выполнил захват цели, чем при тумане. В среднем тахеометр захватывал цель при тумане на 2–3 секунды дольше обычного. Данная цель (призма) имеет функцию инфракрасного идентификатора цели. Исходя из законов физики, следует сделать вывод о том, что инфракрасные электромагнитные волны от призмного отражателя в условиях тумана также претерпевают изменение траектории и замедление скорости в местах повышенной плотности воздуха [11]. Такое же суждение справедливо и для визирного луча, у которого приемопередатчиком является тахеометр.

На рис. 2 слева представлена благоприятная обстановка условий измерений, справа – негативные условия, вызванные наличием тумана (вид с окуляра тахеометра).

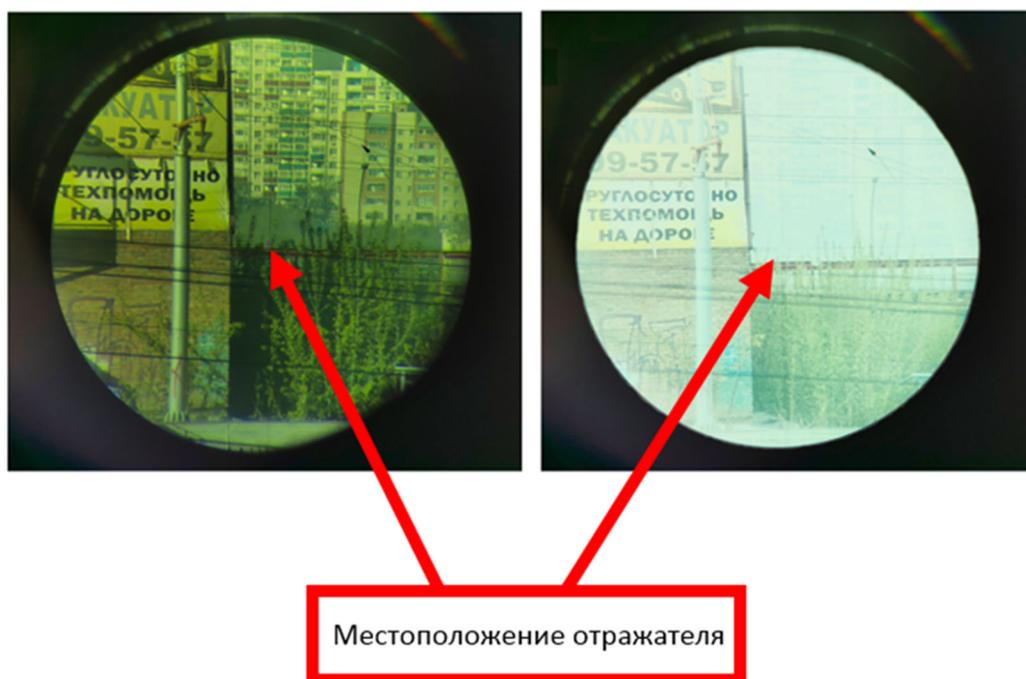


Рис. 2. Условия измерений

Выполненными исследованиями было установлено, что среднее значение измеренного расстояния в сериях измерений оказалось равным 458,750 м при наличии тумана и 458,745 м при его отсутствии в утреннее время. В дневное время при тумане, величина измеряемого расстояния в среднем увеличилось на 1,0 мм. СКО измерения расстояния в общем случае для каждой серии измерений была равна 1,2 мм.

Заключение

По результатам выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

- при применении активных отражательных призм с инфракрасным идентификатором цели и роботизированных тахеометров одноименной марки Trimble представляется возможным выполнять геодезические измерения в условиях тумана и полного отсутствия видимости;
- вместе с тем наличие тумана вдоль измеряемой линии значительно искажает значение измеряемого расстояния и в нашем случае оно достигает 5,0 мм при расстоянии 459 м;
- создание планового обоснования в условиях тумана приведет к значительным ошибкам в определении координат;
- в связи с этим создание планового обоснования необходимо выполнять при благоприятных внешних условиях;
- выполнение измерений в условиях наличия тумана можно выполнять при производстве топографической съемки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корнейчук М.А., Лозовая С.Ю. Обоснование использования векторных топологических моделей в представлении геопространственных данных // Сборник докладов VIII международной научно - практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4 т. Т. 1. / Сост. Л.В. Брыкова, В.М. Уваров [и др.]. Старый Оскол: ООО «Ассистент плюс», 2015. – С. 304–306.
2. Зубов А.В., Зубова Т.В. Особенности точных линейно-угловых измерений электронными тахеометрами // Геопрофи. – 2005. № 4. – С. 50–51.
3. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 752 с.
4. Скрипников, В.А. Применение высокоточных оптико-электронных приборов при измерении деформаций инженерных сооружений // ГЕО – Сибирь – 2009. Т.1: Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Ч.1: сб. матер. V Междунар. науч. конгр. «ГЕО – Сибирь – 2009», 20 – 24 апр. 2009 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2009. – С. 170 – 172.
5. Юношев Л.С. Боковая рефракция света при измерениях углов. – М.: Недра, 1969. – 96 с.
6. Справочник геодезиста (в 2-х книгах). Кн. 1/ Под ред. В.Д. Большакова и Г.П. Левчука. – М.: Недра, 1985. – 455 с.
7. Сайт Trimble [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [https://trimble.club/trimble – s5 – robotic – promo](https://trimble.club/trimble-s5-robotic-promo) (дата обращения 13.04.2022).
8. СП 126.13330.2017 Актуализированная редакция СНиП 3.01.03 – 84 Геодезические работы в строительстве. [Текст]: нормативный документ РФ - Москва. – Введ. 27.01.2017. – Минрегион России, 2012. – 84 с.
9. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. – М.: ФГУП ЦПП, 2005. – 76 с
10. Коробов В.Б., Завернина Н.Н., Изменчивость метеорологических характеристик в береговой зоне белого моря // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. 2009. № 1. – С. 28–34.
11. Вшивкова О.В. Учет влияния атмосферы в электронной тахеометрии с использованием геодезического градиентометра // Изв. вузов. «Геодезия и аэрофотосъемка». 2010. № 3. – С. 3–9.

© А. С. Горилько, М. А. Минаева, А. М. Астанов, 2022