

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ РАССТОЯНИЙ С ПОМОЩЬЮ ДАЛЬНОМЕРОВ**

*Александр Игоревич Кириченко*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, обучающийся, тел. (913)724-67-47, e-mail: simgal@list.ru

Статья посвящена оценке влияния условий и методики проведения измерений на погрешности определения расстояний при использовании дальномеров.

**Ключевые слова:** погрешность измерений, методика измерений, дальномеры, условия измерений, расстояние.

## **INVESTIGATION OF THE MEASUREMENT ACCURACY IN DETERMINING THE DISTANCE USING RANGEFINDERS**

*Alexander I. Kirichenkov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Student, phone: (913)724-6747, e-mail: simgal@list.ru

The article is devoted to assessing the influence of measurement conditions and methods on the measurement accuracy at determining of distance when rangefinders are using.

**Key words:** measurement accuracy, measurement method, range finders, measurement conditions, distance.

### ***Введение***

Дальномер – это техническое устройство, предназначенное для измерения расстояний между заданными объектами. Приборы данного типа нашли очень широкое применение в различных видах деятельности, в том числе в фотографии, геодезии, строительстве, топографии, военной деятельности, а также для различных бытовых целей.

Популярность применения дальномеров обусловлена рядом особенностей по сравнению с традиционными измерительными инструментами, например, рулетками или линейками.

Во-первых, это быстрдействие, поскольку оптический сигнал позволяет практически мгновенно получить информацию и не только зафиксировать измерительный сигнал, но и провести его обработку по заданной программе.

Во-вторых, нет необходимости приближаться к объекту, что не только упрощает процесс измерений, но и позволяет исследовать расстояния до недоступных объектов.

В-третьих, большинство применяемых приборов позволяют определять не только расстояния, но и вычислять на их основе другие сопутствующие параметры, например, площадь или объём при сохранении высоких показателей точности.

Кроме этого, дальномеры проводят измерения по идеально прямой линии, сводя на нет влияние неровностей объекта или ландшафта, что может существенно влиять на точность результатов измерений или расчёта [1].

Однако, несмотря на ряд преимуществ, при практическом применении дальномеров (в частности лазерных дальномеров) отмечается ряд причин, которые могут существенно повысить погрешность результатов измерений и, как следствие, ухудшить точность определения сопутствующих величин, которые получаются на основании обработки полученных результатов. К таким причинам относятся состояние атмосферы и условий освещения при измерениях, а также установка самого прибора при проведении измерений (дрожание руки оператора, угловое расположение прибора, отсутствие калибровки или свидетельства о поверке) [2]. Актуальность данной работы обусловлена тем, что в инструкции по эксплуатации не приводится ни температурный диапазон, в котором допускается эксплуатация прибора, ни влияние состояния атмосферы при измерениях, а также не рассматривается возможная погрешность позиционирования дальномера оператором. Целью данной работы было выяснить влияние рассмотренных выше условий на погрешность результатов измерений и предложить рекомендации по их снижению.

### ***Методы и материалы***

Один из самых востребованных в настоящее время приборов являются лазерные дальномеры фирмы ADA INSTRUMENTS COSMO 50. Принцип действия приборов этого типа основан на регистрации отражённого от объекта луча лазерного излучения, который регистрируется чувствительным сенсором устройства. Дистанция автоматически рассчитывается по времени, которое затрачивается на прохождении излучения туда и обратно. Полученные результаты выводятся на дисплей прибора. Общий вид дальномера приведен на рис. 1. Достаточно простое устройство пульта управления позволяет менять настройки прибора и вид определяемого параметра, а также вводить корректировки результатов измерений. Правила эксплуатации прибора приводятся в инструкции по эксплуатации [3]. Пульт управления и схема выбора функций приведен на рис. 2.

Прибор внесен в государственный реестр средств измерений, поэтому должен подвергаться процедуре поверки [4]. Межповерочный интервал составляет один год. Технические и метрологические характеристики прибора приведены в табл. 1. Конструкция прибора позволяет фиксировать его положение в процессе измерений, с заданным углом относительно направления луча.

Следует отметить, что точность указывается одинаковая для всего диапазона измерения расстояний, но этот факт также требует уточнений, поскольку лазер имеет конечную расходимость и на больших расстояниях область излучения может оказаться меньше исследуемого объекта.

В данной работе рассматривается зависимость случайной составляющей погрешности измерения расстояний при изменении условий освещения, расстояния до объекта и позиционирования прибора оператором. Систематическая

погрешность результата измерений в данной работе не рассматривалась, поскольку в приборе предусмотрена компенсация ошибки на постоянную величину.



Рис. 1. Прибор для измерения расстояний (дальномер)



Рис. 2. Пульт управления дальномером

Таблица 1

Наименование параметра	Значение параметра	Примечание
тип прибора	лазерный	длина волны 635 нм.
дальность измерения	50м	Без отражателя
минимальное расстояние измерений	5см	
точность измерения	1.5мм	Класс точности 2

### Результаты

Было проведено несколько серий измерений для условий освещённости в солнечный день и условиях затемнения при комнатном освещении для разных расстояний. Для устранения влияния оператора средство измерений закреплялось на поверхности стола. Результаты измерений приведены в табл. 2. В качестве объекта измерений использовались отражающие поверхности из коричневого картона и белого листа бумаги одинакового размера. Для сравнительной оценки результатов измерений использовалось среднеквадратичное отклонение без учёта доверительной вероятности. Оценка погрешности результата измерений проводилась по пяти результатам измерений, при одинаковых условиях измерений в каждой серии. Исследования проводились только для линейных размеров. Следует предположить, что результаты расчёта других параметров, которые основаны на измерении расстояния также будут искажены.

Таблица 2

Номер серии	Параметр	Картон		Белый лист	
		Свет	Тьма	Свет	Тьма
1	Среднее значение расстояния, см	20,0	20,1	20,0	20,1
	Среднеквадратичное отклонение, мм	1,0	1,1	1,1	1,1
2	Среднее значение расстояния, см	99,8	101,3	99,2	101,1
	Среднеквадратичное отклонение, мм	1,1	1,2	1,2	1,2
3	Среднее значение расстояния, см	198,1	203,2	201,2	203,4
	Среднеквадратичное отклонение, мм	1,2	1,4	1,4	1,4
4	Среднее значение расстояния, см	505,2	508,4	503,8	506,3
	Среднеквадратичное отклонение, мм	1,4	1,8	1,7	2,0
5	Среднее значение расстояния, см	1010	1116	1008	1010
	Среднеквадратичное отклонение, мм	2,1	2,4	1,8	2,4

Для оценки изменения погрешности определения расстояний в зависимости от условий позиционирования, т.е. когда прибор закреплён на столе или находится в руках оператора, были измерены одни и те же расстояния. Результаты измерений приведены в таблице 3. При проведении измерений в качестве объекта использовался картон в условиях дневного освещения, поскольку именно для этого случая случайная погрешность результата измерений оказалась наименьшей. Результаты измерений округлялись в соответствии со значением полученной погрешности [5, 6].

Понятно, что следует ожидать увеличения погрешности измерений, если среда, в которой проводят измерения, неоднородна, например, дым, пыль, влага, но в данной работе такие исследования не проводились в силу трудности создания и воспроизведения контролируемых условий эксперимента.

Таблица 3

Номер серии	Параметр	Прибор закреплён	Прибор в руках оператора
1	Среднее значение расстояния, см	20,0	20,1
	Среднеквадратичное отклонение, мм	1,0	1,4
2	Среднее значение расстояния, см	99,8	100,3
	Среднеквадратичное отклонение, мм	1,1	1,4
3	Среднее значение расстояния, см	198,1	199,2
	Среднеквадратичное отклонение, мм	1,2	1,8
4	Среднее значение расстояния, см	505,2	506,2
	Среднеквадратичное отклонение, мм	1,4	2,8
5	Среднее значение расстояния, см	1010	1006
	Среднеквадратичное отклонение, мм	2,1	2,7

## *Обсуждение*

Проведенные эксперименты показали, что случайная составляющая погрешности заметно зависит от условий и методики проведения измерений. При всех условиях освещения погрешность для картона получилась немного меньше, чем для хорошо отражающей поверхности, среднее значения полученных расстояний также было несколько меньше. При увеличении расстояний погрешность возрастала, но однозначной зависимости не наблюдалось, возможно, что такой результат определялся нелинейностью характеристики приёмника. Учёт выявленных соотношений может не учитываться, если нет повышенных требований к точности результатов измерений, в противном случае необходимо сравнивать полученные и допустимые значения погрешности в каждом конкретном случае.

Позиционирование прибора при проведении измерений привело к более заметным увеличениям погрешности, что вполне соответствует ожидаемому результату. Поэтому разумно придавать средству измерений устойчивое положение при измерениях, что легко может быть реализовано, поскольку предусмотрено конструкцией прибора.

Особый интерес представляет выявленная для всех экспериментов тенденция изменения погрешности при увеличении расстояния. Возможно, это связано с соотношением размеров объекта и пятна лазерного излучения, что приводит к попаданию света не только на объект, но и на окружающие предметы.

## *Заключение*

В результате выполнения работы был рассмотрен процесс измерения расстояний широко используемым дальномером с хорошими техническими и метрологическими характеристиками для данного типа приборов. Проведен ряд экспериментов, которые позволили сравнить значения погрешности результатов измерений при разных условиях их проведения. Показано, что в разных условиях погрешность результатов заметно изменяется и при ручном позиционировании достигает максимального значения. Этот результат показывает, что для снижения погрешности результатов измерений следует крепить прибор на неподвижных поверхностях, а также учитывать условия освещённости объекта и тип отражающей поверхности [7].

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. ГОСТ 16504–81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения: нац. стандарт. – Введ. 01.01.1982 (с изм. от 15.06.2011).
2. А.В. Нелепец, В.А. Тарлыков Применение лазеров в измерительных устройствах. Учебное пособие: СПбГУ ИТМО, 2009. - 142 с.
3. Руководство по эксплуатации <https://docplayer.ru/79054116-Rukovodstvo-po-ekspluatacii-lazernyyu-dalnomer-model-cosmo-50.html>.

4. ГОСТ Р 8.763-2011 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от  $1 \times 10^{-9}$  до 50 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкмэ – Введ. - 01-01. 2013 М.: Стандартиформ, 2013. – 22 с.

5. ГОСТ Р 8.563–2009 ГСИ. Методики (методы) измерений: нац. стандарт РФ. – Введ. 15.04.2010. – М.: Стандартиформ, 2010. – 22 с.

6. ГОСТ Р 8.736-2011 ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения: нац. стандарт РФ. – Введ. 01.01.2013 – М.: Стандартиформ, 2013. – 24 с.

7. Байбородин Ю. В. Основы лазерной техники. – Киев : Выща школа, Головное изд-во, 1988. – 383 с.

© А. И. Кириченко, 2020