ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 17123-4— 2011

Государственная система обеспечения единства измерений

ОПТИКА И ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов

Часть 4

Светодальномеры (приборы EDM)

ISO 17123-4:2001
Optics and optical instruments— Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 4: Electro-optical distance meters (EDM instruments) (IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений (ФГУП «ВНИИФТРИ») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 206 «Эталоны и поверочные схемы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 сентября 2011 г. № 322-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 17123-4:2001 «Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 4. Светодальномеры (приборы EDM)» [ISO 17123-4:2001 «Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 4: Electro-optical distance meters (EDM instruments)»].

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2004 (подраздел 3.5).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещается также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2011

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 2
4.1 Требования 2
4.2 Методика 1. Упрощенная методика испытаний 2
4.3 Методика 2. Полная методика испытаний 2
5 Упрощенная методика испытаний 3
5.1 Конфигурация испытательного поля 3
5.2 Измерения 4
5.3 Расчет 4
5.4 Дальнейшие исследования 4
6 Полная методика испытаний 4
6.1 Конфигурация образцовой линии 4
6.2 Измерения 5
6.3 Расчет 6
6.4 Статистические испытания 7
Приложение А(справочное) Пример упрощенной методики испытаний 9
Приложение В (справочное) Пример полной методики испытаний 10
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации 13

Предисловие к международному стандарту ИСО 17123

ИСО (Международная организация по стандартизации) представляет собой всемирную федерацию, состоящую из национальных органов по стандартизации (комитеты — члены ИСО). Работа по разработке международных стандартов обычно ведется Техническими комитетами ИСО. Каждый комитет-член, заинтересованный в теме, для решения которой образован данный технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные организации, правительственные и неправительственные, поддерживающие связь с ИСО, также принимают участие в работе. ИСО тесно сотрудничает с Международной электротехнической комиссией (МЭК) по всем вопросам стандартизации в области электротехники.

Проекты международных стандартов разрабатываются в соответствии с правилами, установленными Директивами ИСО/МЭК, часть 3.

Проекты международных стандартов, принятые Техническими комитетами, направляются комитетам-членам на голосование. Для их опубликования в качестве международных стандартов требуется одобрение не менее 75 % комитетов-членов, участвовавших в голосовании.

Внимание обращается на тот факт, что отдельные элементы данного документа могут составлять предмет патентных прав. ИСО не должна нести ответственность за идентификацию этих патентных прав.

Международный стандарт ИСО 17123-4 был разработан Техническим комитетом ИСО/ТК 172 «Оптика и оптические приборы», подкомитетом ПК 6 «Геодезические и съемочные приборы».

Первое издание стандарта ИСО 17123-4 отменяет и заменяет ИСО 8322-8:1989 и ИСО 12857-3:1997, которые прошли технический пересмотр.

Международный стандарт ИСО 17123 состоит из следующих частей под общим наименованием «Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов»:

- Часть 1: Теория;
- Часть 2: Нивелиры;
- Часть 3: Теодолиты;
- Часть 4: Электрооптические дальномеры (приборы EDM);
- Часть 5: Электронные тахеометры;
- Часть 6: Вращающиеся лазеры;
- Часть 7: Оптические приборы для установки по отвесу;
- Часть 8: Полевые испытания GNSS-аппаратуры в режиме «Кинематика в реальном времени» (RTK).

Приложения А и В настоящего стандарта приведены только для информации.

Введение к международному стандарту ИСО 17123

Стандарт ИСО 17123 устанавливает полевые методики для определения и оценки прецизионности геодезических приборов и вспомогательного оборудования, используемых для измерения в строительстве и геодезии. Эти испытания, в первую очередь, предназначены для полевых поверок на пригодность конкретного прибора для выполнения близких неотложных задач и на соответствие требованиям других стандартов. Эти задачи не предлагаются как испытания для приемки или выполнения оценок, более комплексных по характеру.

ИСО 17123 можно рассматривать как один из первых шагов в процессе оценки неопределенности измерения (а именно – измеряемой величины). Неопределенность результата измерения зависит от ряда факторов. Эти факторы включают, помимо прочих, повторяемость (сходимость), воспроизводимость (повторяемость в разные дни) и тщательную оценку всех возможных источников погрешности в соответствии с Руководством ИСО по выражению неопределенности в измерении (GUM).

Данные полевые методики разработаны специально для применения *in situ* без потребности в специальном вспомогательном оборудовании и для сведения к минимуму воздействий атмосферы.

Предисловие к настоящему стандарту

Целью разработки Государственных стандартов Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 17123-1 — ГОСТ Р ИСО 17123-8 является прямое применение в Российской Федерации восьми частей международного стандарта ИСО 17123-1:2002 — ИСО 17123-8:2007 под общим наименованием «Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов» в практической деятельности по метрологии в области геодезических измерений: при разработке и применении методик выполнения измерений, испытаниях (в том числе при испытаниях для целей утверждения типа средства измерений), поверке и калибровке геодезических приборов.

Большинство действующих в Российской Федерации стандартов и методик, регламентирующих методы испытаний геодезической аппаратуры, были разработаны в 90-е годы прошлого века применительно к аппаратуре отечественного производства, разработанной ранее. Эти методы не охватывают все современные виды измерений в геодезии и не всегда соответствуют метрологическим и техническим характеристикам современной аппаратуры. К тому же некоторые методы испытаний неприменимы к импортным средствам измерений (далее — СИ), составляющим в настоящее время от 90 % до 95 % используемой в Российской Федерации геодезической аппаратуры. Данные обстоятельства приводят к необходимости разработки методов испытаний, соответствующих современному уровню.

Применение стандартов серии ГОСТ Р ИСО 17123 в геодезической и топографической практике позволит выполнять оценку метрологических характеристик всех современных видов СИ в полевых условиях, аналогичных условиям эксплуатации. Такой подход дает более достоверные значения метрологических характеристик, поскольку лабораторные испытания, как правило, дают более высокие значения прецизионности, чем те, которые можно получить в реальных условиях эксплуатации. Для импортных СИ применение этих стандартов дает возможность оценить метрологические характеристики по тем методикам, которые используются фирмами-изготовителями в процессе заводских испытаний и тестирования.

Оценки метрологических характеристик соответствуют ГОСТ Р ИСО 5725-1—2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения».

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

ОПТИКА И ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов

Часть 4

Светодальномеры (приборы EDM)

State system for ensuring the uniformity of measurements. Optics and optical instruments. Field procedures for testing geodetic and surveying instruments. Part 4. Electro-optical distance meters (EDM instruments)

Дата введения — 2013—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методики полевых испытаний, которые необходимо принять при определении и оценке прецизионности (повторяемости) светодальномеров (прибор EDM) и вспомогательного оборудования, используемых в строительстве и геодезии. Эти испытания, в первую очередь, предназначены для полевых поверок на пригодность конкретного прибора для решения текущих задач и на соответствие требованиям других стандартов.

Настоящий стандарт не распространяется на комплексные по характеру испытания для приемки или выполнения оценок рабочих показателей.

Данные полевые методики разработаны специально для применения *in situ* без потребности в специальном вспомогательном оборудовании и с целью сведения к минимуму воздействий атмосферы.

2 Нормативные ссылки

Нижеследующие документы являются обязательными при применении настоящего стандарта. В отношении датированных ссылок действительно только указанное издание. В отношении недатированных ссылок действительно последнее издание публикации (включая любые изменения), на которую дается ссылка.

ИСО 3534-1—2006 Статистика. Словарь и условные обозначения. Часть 1. Термины, используемые в теории вероятности, и общие статистические термины

ИСО 4463-1—89 Методы измерения в строительстве. Монтаж и измерение. Часть 1. Планирование и организация, процедуры измерения, критерии приемки

ИСО 7077—81 Методы измерения в строительстве. Общие принципы и методы контроля соблюдения размеров

ИСО 7078—85 Строительство зданий. Процедуры для разбивки, измерения и топографической съемки. Словарь и примечания

ИСО 9849—2000 Оптика и оптические приборы. Геодезические и топографические приборы. Словарь

ИСО 17123-1—2003 Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 1. Теория

GUM Руководство по выражению погрешности (неопределенности) в измерении

VIM Международный словарь основных и общих терминов в метрологии

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 3534-1, ИСО 4463-1, ИСО 7077, ИСО 7078, ИСО 9849, ИСО 17123-1, GUM и VIM.

4 Общие положения

4.1 Требования

Перед испытаниями оператор должен убедиться, что прецизионность измерительного оборудования соответствует поставленной измерительной задаче.

Светодальномер (прибор EDM) и его вспомогательное оборудование должны быть настроены в соответствии с инструкциями изготовителя и использованы со штативами, оборудованием с принудительным центрированием и отражателями в соответствии с рекомендациями изготовителя.

На результаты измерений влияют метеорологические условия, особенно градиент температуры. Пасмурное небо и низкая скорость ветра гарантируют наиболее благоприятные погодные условия. Фактические метеорологические данные измеряют для ввода поправок на атмосферные воздействия и в измеренные расстояния. Конкретные условия, принимаемые во внимание, могут изменяться в зависимости от того, где выполняют измерения. Эти условия должны учитывать изменения температуры, скорости ветра, облачность и видимость. Отмечают также фактические погодные условия на момент измерения и тип поверхности, над которой эти измерения выполняют. Условия, выбранные для испытания, должны совпадать с ожидаемыми условиями, в которых будут в действительности выполнены измерения (см. ИСО 7077 и ИСО 7078).

При испытаниях, проводимых в лаборатории, получают результаты, в которых практически исключены атмосферные воздействия, но стоимость таких испытаний очень высока. В этой связи их не практикует большинство пользователей. Кроме того, лабораторные испытания дают много большие значения прецизионности, чем те, которые можно получить в полевых условиях.

Настоящий стандарт описывает две разные методики в полевых условиях в разделах 5 и 6. Оператор должен выбрать методику, которая наиболее соответствует конкретным требованиям проекта.

4.2 Методика 1. Упрощенная методика испытаний

Упрощенная методика испытаний обеспечивает оценку того, насколько прецизионность данного прибора находится в пределах заданного допустимого отклонения согласно ИСО 4463-1.

Упрощенная методика основана на ограниченном числе измерений. Поэтому невозможно получить статистически значимого среднеквадратического отклонения. Если требуется более точная оценка прибора в полевых условиях, рекомендуется выполнять более строгую полную методику испытаний в соответствии с разделом 6.

Упрощенная методика опирается на наличие испытательного поля (образцового поля) и расстояний, которые приняты как истинные значения. Если образцового поля нет, неизвестные расстояния определяют с помощью светодальномера более высокой прецизионности, чем та, которая требуется для поставленной измерительной задачи, или, используя светодальномер, который необходимо испытать немедленно после калибровки в соответствии с полной методикой испытаний, приведенной в разделе 6.

4.3 Методика 2. Полная методика испытаний

Полную методику испытаний принимают для определения наилучшего достижимого критерия прецизионности конкретного светодальномера и его вспомогательного оборудования в полевых условиях.

Полная методика испытаний основана только на измерениях расстояний во всех комбинациях на контрольной линии (образцовой линии) без номинальных значений. Экспериментальное среднеквадратическое отклонение одного измерения расстояния определяют методом наименьших квадратов с помощью корректировки этих расстояний во всех комбинациях.

Погрешности шкалы светодальномера невозможно определить с помощью данной методики. Однако погрешность шкалы не имеет никакого влияния ни на экспериментальное среднеквадратическое отклонение s, ни на поправку нулевой точки δ. Для определения стабильности шкалы светодальномера проверяют частоту с помощью частотомера.

Методика испытаний, приведенная в разделе 6, предназначена для определения критерия прецизионности в эксплуатации конкретного светодальномера. Критерий прецизионности в эксплуатации выражают в пересчете на экспериментальное среднеквадратическое отклонение s одного измеренного расстояния:

$$s_{\text{ISO-EDM}}.$$

Полную методику испытаний используют для определения:

- критерия прецизионности в эксплуатации светодальномера отдельной изыскательской партией одним прибором с его вспомогательным оборудованием в данное время;
- критерия прецизионности в эксплуатации отдельного светодальномера в течение длительного времени;
- критерия прецизионности в эксплуатации каждого из нескольких светодальномеров, чтобы облегчить сравнение их соответствующих достижимых прецизионностей, которые получены в аналогичных полевых условиях.

Необходимо применить статистические испытания, чтобы определить, принадлежит ли полученное экспериментальное среднеквадратическое отклонение s к генеральной совокупности теоретического среднеквадратического отклонения прибора σ, принадлежат ли два испытанных образца к одной и той же генеральной совокупности и равна ли поправка нуль-пункта δ нулю или предварительно определенному значению δ_0 (см. 6.4).

5 Упрощенная методика испытаний

5.1 Конфигурация испытательного поля

Испытательное поле должно иметь одну отмеченную постоянную позицию светодальномера и четыре отражателя, установленных постоянно и расположенных на типичных расстояниях для обычного рабочего диапазона конкретного светодальномера (например, от 20 до 200 м). Если невозможно установить отражатели постоянно на длительное время, тогда необходимо четко отметить точки на местности, соответствующие позициям отражателей. Опорную (исходную) длину каждого из четырех расстояний определяют в соответствии с 4.2 с помощью светодальномера адекватной прецизионности.

Чтобы установить испытательное поле, каждое расстояние d_1, d_2, d_3, d_4 должно быть измерено не менее трех раз и рассчитано среднее значение (см. рисунок 1). Средние значения корректируют на отклонения температуры и давления воздуха от стандартных значений. Чтобы определить необходимые поправки средних значений четырех расстояний, измеряют температуру воздуха и давление воздуха. Средние значения корректируют на одну миллионную для отклонения температуры на 1 °С и/или для отклонения давления воздуха на 3 гПа (3 мбар).

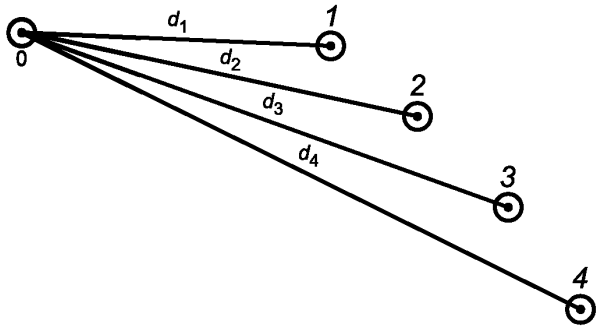


Рисунок 1 — Конфигурация испытательного поля для упрощенной методики испытания

Скорректированные средние значения четырех расстояний рассматривают как истинные значения

$$\bar{x}_1 = d_1;$$

$$\bar{x}_2 = d_2;$$

$$\bar{x}_3 = d_3;$$

$$\bar{x}_4 = d_4.$$

5.2 Измерения

При установке светодальномера особое внимание необходимо уделить его центрированию на местности.

Каждое расстояние измеряют три раза. Измеряют температуру воздуха и давление, чтобы вывести атмосферные поправки. Измеренные расстояния x_1, x_2, x_3 и x_4 являются средними значениями трех измерений, скорректированных на воздействие атмосферы.

5.3 Расчет

Все разности $\bar{x}_j - x_j$ должны быть в пределах заданного допустимого отклонения $\pm p$ (согласно ИСО 4463-1) для поставленной измерительной задачи. Если значение p не задано, все разности должны быть $|\bar{x}_j - x_j| < 2{,}5s$, где s является экспериментальным среднеквадратическим отклонением одного измерения расстояния, определенным согласно полной методике испытаний с помощью образцового светодальномера.

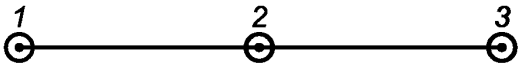
Если разности $\bar{x}_j - x_j$ слишком велики для поставленной задачи, проводят дальнейшие исследования, чтобы идентифицировать основные источники погрешностей.

5.4 Дальнейшие исследования

Если все разности $\bar{x}_j - x_j$ имеют один и тот же знак, то можно предположить наличие систематической погрешности. Это может быть погрешность поправки нуль-пункта или погрешность шкалы. Если систематическую погрешность распознать нельзя, то рекомендуется применить полную методику испытаний в соответствии с разделом 6.

Если предполагают наличие погрешности шкалы, то проверяют частоту измерений светодальномера с помощью частотометра.

Чтобы проверить поправку нуль-пункта δ, устанавливают временный базис (примерно 50 м), включающий не менее трех точек, выровненных в одной горизонтальной плоскости (см. рисунок 2). Три штатива с принудительным центрированием должны составлять эту базовую линию.



1, 2, 3 — штатив с принудительным центрированием

Рисунок 2 — Временная базовая линия для проверки поправки нуль-пункта

Для измеренных расстояний между штативами рассчитывают поправку нуль-пункта:

$$\delta = [1, 3] - [1, 2] - [2, 3], \quad (1)$$

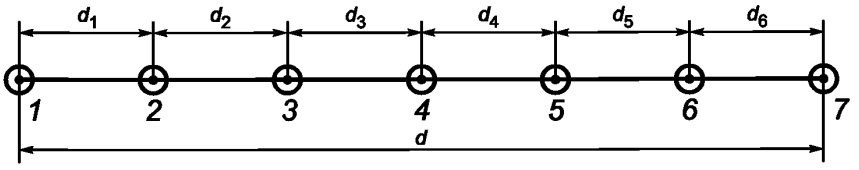
где δ — поправка нуль-пункта;

[1, 3], [1, 2], [2, 3] — измеренные расстояния между двумя штативами.

6 Полная методика испытаний

6.1 Конфигурация образцовой линии

Прямая линия длиной примерно 600 м с семью точками, неизменными в процессе измерений, должна быть установлена на горизонтальном участке или на участке с небольшим постоянным уклоном (см. рисунок 3). Чтобы получить представительные значения для экспериментального среднеквадратического отклонения s и поправки нуль-пункта δ, точки выбирают таким образом, чтобы измеряемые отрезки длины, определенные фазовым методом на высокой частоте (модуляции), были равномерно распределены в соответствии с единицей длины (измерительной шкалы) светодальномера.



1, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7* — точки измерений; d_1, ... d_6 — измеренные расстояния

Рисунок 3 — Конфигурация образцовой линии для полной методики испытаний

Хорошую конфигурацию можно получить, если значения шести расстояний d_1, ...d_6 между семью точками образцовой линии заданы по следующей методике:

- d_0 — 600 м — приблизительная длина образцовой линии;
- λ — длина волны светодальномера;
- $\lambda/2$ — единица длины (измерительной шкалы) светодальномера.

$$\beta_0 = \frac{d_0 - 6{,}5\lambda}{15}, \tag{2}$$

где β_0 — округляют до целого значения

$$\beta = \mu \cdot \lambda/2, \tag{3}$$

где μ — целое число.

При

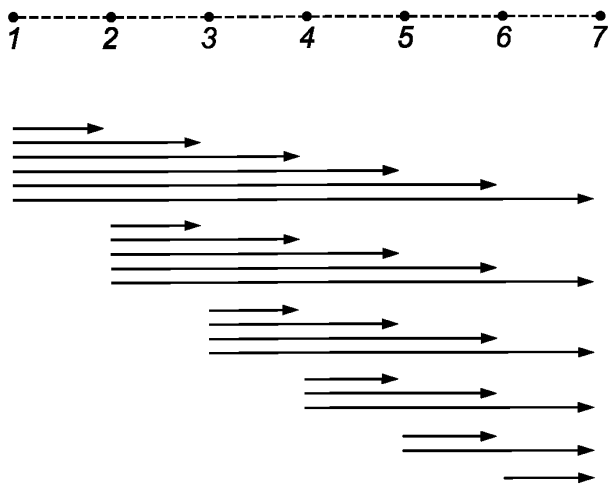
$$\gamma = \frac{\lambda}{72} \tag{4}$$

значения шести расстояний образцовой линии и полную длину d рассчитывают по формулам

$$\begin{aligned} d_1 &= \lambda + \beta + 3\gamma; \\ d_2 &= \lambda + 3\beta + 7\gamma; \\ d_3 &= \lambda + 5\beta + 11\gamma; \\ d_4 &= \lambda + 4\beta + 9\gamma; \\ d_5 &= \lambda + 2\beta + 5\gamma; \\ d_6 &= \lambda + \gamma; \\ d &= 6\lambda + 15\beta + 36\gamma. \end{aligned} \tag{5}$$

6.2 Измерения

Все возможные расстояния — 21 интервал между семью точками (см. рисунок 4) измеряют в один и тот же день. Для исключения погрешности центрирования используют альтернативное принудительное центрирование. Чтобы все расстояния могли быть измерены с хорошо обнаруживаемым сигналом, используют достаточное число призм. Расстояния измеряют только при хорошей видимости и низком воздействии солнечных лучей. Температуру воздуха и давление измеряют достаточно часто, чтобы обеспечить вывод надежных поправок на воздействие атмосферы.



1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 — точки измерений

Рисунок 4 — Измеряемые расстояния

6.3 Расчет

Измеренные значения $\tilde{x}_{p,q}$ (исходные, необработанные расстояния, соответствующие показаниям светодальномера) корректируют по систематическим воздействиям (поправка за атмосферу, уменьшение наклона), получают скорректированные значения $x_{p,q}$ результатов измерений. Все весовые коэффициенты установлены равными 1.

Неизвестные параметры представляют собой шесть расстояний $\bar{x}_{1,2}$, $\bar{x}_{2,3}$, ..., $\bar{x}_{6,7}$ и поправку нуль-пункта δ.

Выводят результаты из следующих уравнений:

$$a_p = \sum_{q=1}^{7-p} x_{q,p+q} - \sum_{q=1}^{p} x_{q,7-p+q};\ p = 4, 5, 6; \tag{6}$$

$$b_p = \frac{1}{7}\left(\sum_{q=p+1}^{7} x_{p,q} - \sum_{q=1}^{p-1} x_{q,p} \right);\quad p = 1, \ldots, 7; \tag{7}$$

$$\delta = \frac{1}{35} \sum_{p=4}^{6} (2p - 7)\, a_p, \tag{8}$$

где δ — поправка нуль-пункта.

$$r_{p,q} = b_p - b_q - \frac{7 + 2(p-q)}{7}\,\delta - x_{p,q};\quad p = 1, \ldots, 6;\ q = p + 1, \ldots, 7, \tag{9}$$

где $r_{p,q}$ — результаты вычитания (разности) между 21 измеренным расстоянием $x_{p,q}$ с поправками на систематические воздействия (поправка на атмосферу, поправка на уклон, но не поправка нуль-пункта).

$$\sum r^2 = \sum_{p=1}^{6} \sum_{q=p+1}^{7} r_{p,q} = r_{1,2}^2 + r_{1,3}^2 + \ \ldots + r_{6,7}^2, \tag{10}$$

где $\sum r^2$ — сумма квадратов всех остатков $r_{p,q}$.

$$\nu = n - u = 14, \tag{11}$$

где ν — число степеней свободы;

n — число измерений (n = 21);

u — число оцененных параметров (u = 6 + 1 = 7).

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{\nu}} = \sqrt{\frac{\sum r^2}{14}}, \quad (12)$$

где s — экспериментальное среднеквадратическое отклонение одного измеренного расстояния.

$$s_{ISO\text{-}EDM} = s. \quad (13)$$

Экспериментальное среднеквадратическое отклонение поправки нуль-пункта δ определяют по формуле

$$s_\delta = s\frac{1}{\sqrt{5}} = s\ 0{,}45. \quad (14)$$

6.4 Статистические испытания

6.4.1 Общие положения

Статистические испытания рекомендованы только для полной методики испытаний. Для интерпретации результатов статистические испытания выполняют, используя:

- экспериментальное среднеквадратическое отклонение s расстояния, измеренного на образцовой линии;
- поправку нуль-пункта δ светодальномера и ее экспериментальное среднеквадратическое отклонение s_δ.

Чтобы ответить на следующие вопросы (см. таблицу 1):

a) будет ли рассчитанное среднеквадратическое отклонение s меньше чем соответствующее значение σ, установленное изготовителем, или меньше, чем другое предварительно определенное значение σ?

b) принадлежат ли два экспериментальных среднеквадратических отклонения s и $\tilde{s}$, определенные для двух разных выборок измерений, к одной и той же генеральной совокупности, предположив, что обе выборки имеют одинаковое число степеней свободы ν?

Экспериментальные среднеквадратические отклонения s и $\tilde{s}$ получают из:

- двух выборок измерений, выполненных на одном и том же светодальномере в разное время;
- двух выборок измерений, выполненных на разных светодальномерах.

c) равна ли нулю поправка нуль-пункта δ в соответствии с представленной изготовителем ($\delta_0 = 0$) или, если используют призмы с заданной поправкой нуль-пункта δ_0, будет ли выполняться $\delta = \delta_0$?

Для следующих испытаний принимают доверительный уровень $(1 - \alpha) = 0{,}95$ и согласно цели измерений число степеней свободы $\nu = 14$.

Таблица 1 — Статистические испытания

Вопрос	Нуль-гипотеза	Альтернативная гипотеза
a)	$s \le \sigma$	$s > \sigma$
b)	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \ne \tilde{\sigma}$
c)	$\delta = \delta_0$	$\delta \ne \delta_0$

6.4.2 Вопрос a)

Нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальное среднеквадратическое отклонение s меньше или равно теоретическому или предварительно определенному значению σ, не отвергают, если выполнено следующее условие:

$$s \le \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(\nu)}{\nu}}, \quad (15)$$

$$s \le \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(14)}{14}}, \quad (16)$$

$$\chi^2_{0,95}(14) = 23{,}68, \quad (17)$$

$$s \le \sigma \cdot \sqrt{\frac{23{,}68}{14}}, \quad (18)$$

$$s \le \sigma \cdot 1{,}30. \quad (19)$$

В противном случае нуль-гипотезу отвергают.

6.4.3 Вопрос b)

В случае двух разных выборок испытание показывает, принадлежат ли два экспериментальных среднеквадратических отклонения s и $\tilde{s}$ к одной и той же генеральной совокупности. Соответствующую нуль-гипотезу $\sigma = \tilde{\sigma}$ не отвергают, если выполнено следующее условие:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu,\nu)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{1-\alpha/2}(\nu,\nu), \tag{20}$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(14,14)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{0,975}(14,14), \tag{21}$$

$$F_{0,975}(14,14) = 2,98; \tag{22}$$

$$0,34 \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le 2,98. \tag{23}$$

В противном случае нуль-гипотезу отвергают.

6.4.4 Вопрос c)

Гипотезу о равенстве поправок нуль-пункта δ и δ_0 не отвергают, если выполнено следующее условие:

$$|\delta - \delta_0| \le s_\delta \cdot t_{1-\alpha/2}(\nu), \tag{24}$$

$$|\delta - \delta_0| \le s_\delta \cdot t_{0,975}(14), \tag{25}$$

$$s_\delta = \frac{s}{\sqrt{5}} = s\,0,45, \tag{26}$$

$$t_{0,975}(14) = 2,14, \tag{27}$$

$$|\delta - \delta_0| \le \frac{s}{\sqrt{5}} \cdot 2,14. \tag{28}$$

В противном случае нуль-гипотезу отвергают.

Число степеней свободы и, таким образом, соответствующие экспериментальные значения $\chi^2_{1-\alpha}(\nu)$, $F_{1-\alpha}(\nu,\nu)$ и $t_{1-\alpha}(\nu)$ (взятые из справочников по статистике) заменяют, если анализируют другое число измерений.

Приложение А
(справочное)

Пример упрощенной методики испытаний

А.1 Конфигурация испытательного поля

Светодальномер известной прецизионности используют для определения опорных длин четырех расстояний образцового поля.

Экспериментальное среднеквадратическое отклонение одного измеренного расстояния определяют согласно полной методике испытания в соответствии с разделом 6.

$$s = 1{,}8 \text{ мм}$$

Опорные длины для четырех расстояний равны соответственно:

$$\bar{x}_1 = 21{,}784;$$

$$\bar{x}_2 = 54{,}055;$$

$$\bar{x}_3 = 76{,}502;$$

$$\bar{x}_4 = 152{,}248.$$

А.2 Измерения

Наблюдатель:	С. Миллер
Погода:	солнечно, 18 °С,
Давление воздуха:	1009 гПа
Прибор, тип и номер:	№№ ×××630401
Дата:	1999—04—15

Таблица А.1 — Измерения

1 $x_{j,k}$, м	2 $x_j = \frac{\sum_{k=1}^{3} x_{j,k}}{3}$, м	3 $\bar{x}_j$, м	4 $\bar{x}_j - x_j$, м
21,786 785 785	21,785	21,784	–1
54,054 051 053	54,053	54,055	2
76,502 505 504	76,504	76,502	–2
152,243 247 245	152,245	152,248	3

Случай 1: Допустимое отклонение задано: $p = \pm 5$ мм;

Случай 2: Значение p не задано, все разности $|\bar{x}_j - x_j| < 2{,}5\ s = 2{,}5 \cdot 1{,}8$ мм = 4,5 мм.

В обоих случаях светодальномер подходит для поставленной измерительной задачи.

Приложение В
(справочное)

Пример полной методики испытаний

В.1 Конфигурация испытательной линии

Предложенные длины расстояний $d_1, \ldots, d_6$ связаны с полной длиной d образцовой линии и $\lambda/2$ светодальномера.

Согласно уравнениям (2)—(4):

$$\beta_0 = \frac{600\,\text{м} - 6{,}5 \cdot 20\,\text{м}}{15} = 31{,}33\ \text{м},$$

$$\beta = \mu \cdot 10\ \text{м} = 30{,}00\ \text{м},$$

$$\gamma = \frac{20\,\text{м}}{72} = 0{,}2778\ \text{м}.$$

С этими значениями шесть расстояний и общую длину d образцовой линии рассчитывают согласно уравнению (5)

$$d_1 = 50{,}84\ \text{м},$$
$$d_2 = 111{,}96\ \text{м},$$
$$d_3 = 173{,}08\ \text{м},$$
$$d_4 = 142{,}52\ \text{м},$$
$$d_5 = 81{,}40\ \text{м},$$
$$d_6 = 20{,}28\ \text{м},$$
$$d = 580{,}08\ \text{м}.$$

В.2 Измерения

Таблица В.1 содержит в столбцах 1—4 двадцать одно измеренное значение $x_{p,\,q}$, скорректированное на метеорологические воздействия и наклон образцовой линии.

Наблюдатель: С. Миллер
Погода: солнечно, 10 °С
Давление воздуха: 890 гПа
Прибор, тип и номер: №№ ×××630401
Дата: 1999—04—15

Таблица В.1 — Измерения и остатки (разности)

1 j	2 p	3 q	4 $x_{p,\,q}$, м	5 $b_p - b_q$, м	6 $-\frac{7+2(p-q)}{7}\delta$, м	7 $r_{p,\,q}$, мм	8 $r^2_{p,q}$, мм^2
1	1	2	50,801	50,808 4	–0,000 9	+2,9	8,41
2	1	3	162,806	162,808 8	–0,000 6	+2,2	4,84
3	1	4	335,904	335,902 7	–0,000 2	–1,5	2,25
4	1	5	478,407	478,401 0	+0,000 2	–5,8	33,64
5	1	6	559,810	559,808 4	+0,000 6	–1,0	1,00
6	1	7	580,098	580,100 1	+0,000 9	+3,0	9,00
7	2	3	112,007	112,004 0	–0,000 9	–3,9	15,21
8	2	4	285,096	285,097 9	–0,000 6	+1,3	1,69
9	2	5	427,594	427,596 2	–0,000 2	+2,0	4,00
10	2	6	509,004	509,003 6	+0,000 2	–0,2	0,04

Окончание таблицы В.1

1 j	2 p	3 q	4 $x_{p,\,q}$, м	5 $b_p - b_q$, м	6 $-\frac{7+2(p-q)}{7}\delta$, м	7 $r_{p,\,q}$, мм	8 $r^2_{p,\,q}$, мм^2
11	2	7	529,292	529,295 3	+0,000 6	+3,9	15,21
12	3	4	173,091	173,093 9	–0,000 6	+2,0	4,00
13	3	5	315,592	315,592 2	–0,000 9	–0,4	0,16
14	3	6	396,999	396,999 6	–0,000 2	+0,4	0,16
15	3	7	417,295	417,291 3	+0,000 2	–3,5	12,25
16	4	5	142,494	142,498 3	–0,000 9	+3,4	11,56
17	4	6	223,904	223,905 7	–0,000 6	+1,1	1,21
18	4	7	244,200	244,197 4	–0,000 2	–2,8	7,84
19	5	6	81,409	81,407 4	–0,000 9	–2,5	6,25
20	5	7	101,697	101,699 1	–0,000 6	+1,5	2,25
21	6	7	20,292	20,291 7	–0,000 9	–2,2	4,84
Σ						–0,1	145,81

В.3 Расчет

Следующие значения выведены из скорректированных измеренных расстояний в соответствии с уравнениями (6) и (7)

$$a_4 = \sum_{q=1}^{3} x_{q,\,4+q} - \sum_{q=1}^{4} x_{q,\,3+q} = 0{,}0090 \text{ м},$$

$$a_5 = \sum_{q=1}^{2} x_{q,\,5+q} - \sum_{q=1}^{5} x_{q,\,2+q} = 0{,}0070 \text{ м},$$

$$a_6 = x_{1,\,7} - \sum_{q=1}^{6} x_{q,\,2+q} = 0{,}0030 \text{ м},$$

$$b_1 = \frac{1}{7}\sum_{q=2}^{7} x_{1,\,q} = 309{,}6894 \text{ м},$$

$$b_2 = \frac{1}{7}\left(\sum_{q=3}^{7} x_{2,\,q} - x_{1,\,2}\right) = 258{,}8846 \text{ м},$$

$$b_3 = \frac{1}{7}\left(\sum_{q=4}^{7} x_{3,\,q} - \sum_{q=1}^{2} x_{q,\,3}\right) = 146{,}8806 \text{ м},$$

$$b_4 = \frac{1}{7}\left(\sum_{q=5}^{7} x_{4,\,q} - \sum_{q=1}^{3} x_{q,4}\right) = -26{,}2133 \text{ м},$$

$$b_5 = \frac{1}{7}\left(\sum_{q=6}^{7} x_{5,\,q} - \sum_{q=1}^{4} x_{q,\,5}\right) = -168{,}7116 \text{ м},$$

$$b_6 = \frac{1}{7}\left(x_{6,\,7} - \sum_{q=1}^{5} x_{q,\,6}\right) = -250{,}1190 \text{ м},$$

$$b_7 = \frac{1}{7}\sum_{q=1}^{6} x_{q,\,7} = -270{,}4107 \text{ м}.$$

Согласно уравнению (8) поправку нуль-пункта δ рассчитывают следующим образом:

$$\delta = \frac{1}{35}(a_4 + 3a_5 + 5a_6) = \frac{1}{35} \cdot 0{,}045 \text{ м} = 1{,}3 \text{ мм}.$$

Скорректированные измеренные расстояния $x_{p,\,q}$, поправка нуль-пункта δ, значения b_p и b_q определяют остатки $r_{p,\,q}$ и сумму их квадратов согласно уравнениям (9) и (10) (см. столбцы 5—8 таблицы В.1)

$$\sum r^2 = 145{,}8 \text{ мм}^2.$$

Согласно уравнениям (11), (12) и (13) экспериментальное среднеквадратическое отклонение одного измеренного расстояния рассчитывают следующим образом:

$$\nu = 14,$$

$$s = \sqrt{\frac{145{,}8 \text{ мм}^2}{14}} = 3{,}2 \text{ мм},$$

$$s_{\text{ISO - EDM}} = 3{,}2 \text{ мм}.$$

В.4 Статистические испытания

В.4.1 Статистическое испытание согласно вопросу a)

$$\sigma = 3{,}0 \text{ мм}; \quad s = 3{,}2 \text{ мм}; \quad \nu = 14;$$

$$3{,}2 \text{ мм} \le 3{,}0 \text{ мм} \cdot 1{,}30 \le 3{,}9 \text{ мм}.$$

Поскольку указанное выше условие выполнено, нуль-гипотезу, утверждающую, что эмпирически определенное экспериментальное среднеквадратическое отклонение s = 3,2 мм меньше или равно значению от изготовителя σ = 3,0 мм, не отвергают на доверительном уровне 95 %.

В.4.2 Статистическое испытание согласно вопросу b)

$$s = 3{,}2 \text{ мм}; \quad \tilde{s} = 4{,}0 \text{ мм}; \quad \nu = 14;$$

$$0{,}34 \le \frac{10{,}2 \text{ мм}^2}{16{,}0 \text{ мм}^2} \le 2{,}98;$$

$$0{,}34 \le 0{,}64 \le 2{,}98.$$

Поскольку указанное выше условие выполнено, нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальные среднеквадратические отклонения s_1 = 3,2 мм и s_2 = 4,0 мм принадлежат к одной и той же генеральной совокупности, не отвергают на доверительном уровне 95 %.

В.4.3 Статистическое испытание согласно вопросу c)

$$s = 3{,}2 \text{ мм}; \quad \nu = 14; \quad \delta = 1{,}3 \text{ мм}; \quad s_\delta = 1{,}4 \text{ мм};$$

$$1{,}3 \text{ мм} \le 1{,}4 \text{ мм} \cdot 2{,}14 \le 3{,}0 \text{ мм}.$$

Поскольку указанное выше условие выполнено, нуль-гипотезу, утверждающую, что поправка нуль-пункта δ равна нулю, не отвергают на доверительном уровне 95 %.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего международного стандарта
ИСО 3534-1:2006	MOD	ГОСТ Р 50779.10—2000 (ИСО 3534—93) «Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения»
ИСО 17123 -1:2002	IDT	ГОСТ Р ИСО 17123-1—2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 1. Теория»
ИСО 4463-1:1989	—	*
ИСО 7077:1981	—	*
ИСО 7078:1985	—	*
ИСО 9849:2000	—	*

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:
- IDT — идентичный стандарт;
- MOD — модифицированный стандарт.

УДК 528.5, 528.02:006.354 ОКС 17.180.38 Т86.10

Ключевые слова: геодезия, геодезические измерения, испытания геодезических приборов

Редактор *О.А. Стояновская*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 18.10.2011. Подписано в печать 15.12.2011. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,80. Тираж 109 экз. Зак. 1231.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru