ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 17123-5— 2011

Государственная система обеспечения единства измерений

ОПТИКА И ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов

Часть 5

Электронные тахеометры

ISO 17123-5:2005
Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 5: Electronic tacheometers (IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2013

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 12 октября 2011 г. № 441-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 17123-5:2005 «Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 5. Электронные тахеометры» (ISO 17123-5:2005 «Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 5: Electronic tacheometers»).

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 (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2013

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 . . . 1
4 Требования . . . 2
5 Принцип измерений . . . 2
5.1 Методика 1. Упрощенная методика испытаний . . . 2
5.2 Методика 2. Полная методика испытаний . . . 2
6 Упрощенная методика испытаний . . . 3
6.1 Конфигурация испытательного поля . . . 3
6.2 Измерение . . . 3
6.3 Расчет . . . 4
7 Полная методика испытаний . . . 5
7.1 Конфигурация испытательного поля . . . 5
7.2 Измерение . . . 5
7.3 Расчет . . . 6
7.4 Статистические испытания . . . 8
Приложение А (справочное) Пример упрощенной методики испытания . . . 10
Приложение В (справочное) Пример полной методики испытания . . . 11
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации . . . 14

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 17123-5 был разработан Техническим комитетом ИСО/ТК 172 «Оптика и оптические приборы», подкомитетом ПК 6 «Геодезические и съемочные приборы».

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 ИСО 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 (далее — ГОСТ Р ИСО 17123), 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 привели 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 5

Электронные тахеометры

State system for ensuring the uniformity of measurements. Optics and optical instruments. Field procedures for testing geodetic and surveying instruments. Part 5. Electronic tacheometers

Дата введения — 2013—01—01

1 Область применения

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

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

2 Нормативные ссылки

Нижеследующие документы, на которые приводятся ссылки, являются обязательными для применения 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—98 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—2002 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 области метрологии

3 Термины

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

Издание официальное

4 Требования

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

Электронный тахеометр и вспомогательное оборудование должны быть настроены в соответствии с инструкциями изготовителя и использоваться со штативами и отражателями в соответствии с рекомендациями изготовителя.

Координаты рассматривают как наблюдаемые величины, поскольку в современных электронных тахеометрах они являются выходными величинами.

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. При испытаниях, проводимых в лаборатории, значения прецизионности много больше, чем те, которые получают в полевых условиях.

В настоящем стандарте (разделы 6 и 7) приведены две методики испытаний в полевых условиях. Оператор должен выбрать методику, которая наиболее соответствует конкретным требованиям проекта.

5 Принцип измерений

5.1 Методика 1. Упрощенная методика испытаний

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

Упрощенная методика основана на ограниченном числе измерений. Методика основана на измерениях координат *x*, *y*, *z* в образцовом поле без номинальных значений. В результате влияния атмосферного преломления прецизионность координат *x* и *y* и прецизионность координаты *z* различны и их рассчитывают по отдельности. Максимальную разность рассчитывают как показатель прецизионности.

Значимое стандартное (среднеквадратическое) отклонение получить невозможно. Если требуется более точная оценка электронного тахеометра в полевых условиях, рекомендуется применять полную методику испытания в соответствии с разделом 7.

5.2 Методика 2. Полная методика испытаний

Полную методику испытания принимают для определения наилучшего достижимого критерия прецизионности электронного тахеометра и вспомогательного оборудования в полевых условиях.

Полная методика испытаний основана на измерении координат в образцовом поле без номинальных значений. Экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение измерения координат отдельной точки определяют методом наименьших квадратов.

При установке тахеометра для выполнения различных серий измерений особое внимание уделяют центрированию в точке на местности. Достижимая точность центрирования, выраженная в пересчете на стандартные (среднеквадратические отклонения), следующая:

- механический отвес: 1— 2 мм (хуже в ветреную погоду);
- оптический или лазерный центрир: менее 1 мм (настройку проверяют в соответствии с инструкциями изготовителя);
- центрирующая рейка: 1 мм.

Рекомендуется применять принудительное центрирование для приведенных методик измерения.

Примечание — Для визирных марок, расположенных на расстоянии 100 м, смещение центра на 2 мм может привести к отклонению наблюдаемого значения до 4" (1,3 мгон). Чем короче расстояние, тем больше эффект.

Полная методика измерения, приведенная в разделе 7, предназначена для определения критерия прецизионности электронного тахеометра. Этот используемый критерий прецизионности выражают в пересчете на экспериментальные стандартные (среднеквадратические) отклонения координаты, измеренной в обеих позициях лимба зрительной трубы

$$s_{ISO\text{-}TACH\text{-}XY} \text{ и } s_{ISO\text{-}TACH\text{-}Z}.$$

Полную методику используют для определения:

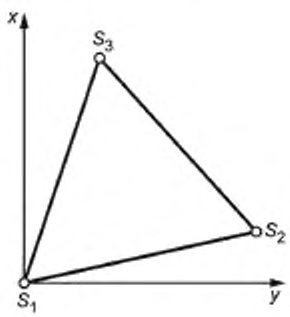
- критерия прецизионности в эксплуатации электронных тахеометров отдельной изыскательской партией одним прибором с его вспомогательным оборудованием в данное время;
- критерия прецизионности в эксплуатации отдельного прибора в течение длительного времени;
- критерия прецизионности в эксплуатации каждого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

Необходимо применить статистические критерии, чтобы определить, принадлежит ли полученное экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение s к генеральной совокупности теоретического среднеквадратического отклонения прибора σ, принадлежат ли два испытанных образца к одной и той же генеральной совокупности.

6 Упрощенная методика испытаний

6.1 Конфигурация испытательного поля

Три точки стояния прибора S_j (j = 1, 2, 3) должны быть размещены в углах треугольника (см. рисунок 1). Длину сторон треугольника следует выбирать в соответствии с поставленной задачей измерения (например, от 100 до 200 м). Высоту z_j рекомендуется выбирать различную, насколько позволяет поверхность земли.



S_1, S_2, S_3 — точки состояния прибора

Рисунок 1— Конфигурация испытательного поля

6.2 Измерение

Прежде чем приступить к измерениям прибор настраивают в соответствии с требованиями изготовителя. Все координаты измеряют в один и тот же день. Температура воздуха и давление измеряют в каждой точке стояния прибора, чтобы вывести поправки за атмосферные воздействия на измерения расстояния (ввод правильного значения с коэффициентом 10^{-6}). Расстояния корректируют с помощью множителя 10^{-6} для отклонения температуры на 1°С и/или давления воздуха на 3 гПа (3 мбар). Должна быть применена правильная поправка нуль-пункта в соответствии с отражательной призмой.

Устанавливают произвольную локальную систему координат (x, y, z), присваивая координаты пункту стояния прибора S_1 (например: 1000, 2000, 300). Нулевое показание горизонтального круга определяет ось x.

Из каждой точки стояния прибора S_j (j = 1, 2, 3) измеряют координаты двух других точек (точки визирной цели) в локальной системе координат. Результаты измерения из точки стояния S_1 используют как

координаты точек стояния прибора для S_2 и S_3 соответственно для последующих измерений. Для ориентации используют только одно обратное визирование (по отношению к S_1).

Для ориентации используют встроенное или автономное программное обеспечение. Предпочтительно использовать такую же программу, которая будет применена на практике. Все наблюдения выполняют при одной позиции лимба зрительной трубы.

В таблице 1 представлена схема наблюдений для полевых измерений.

Таблица 1— Схема наблюдений для упрощенной методики измерения

Точка визирования цели	Координата x (номер точки стояния, нивелирования), м	Координата y (номер точки стояния, нивелирования), м	Координата z (номер точки стояния, нивелирования) м
Точка стояния прибора S_1 Координаты: (1000, 2000, 300) (принимают во внимание высоту прибора и отражателя) Ориентация: произвольная			
S_2	$x_{2,1}$	$y_{2,1}$	$z_{2,1}$
S_3	$x_{3,1}$	$y_{3,1}$	$z_{3,1}$
Точка стояния прибора S_2 Координаты: ($x_{2,1}$, $y_{2,1}$, $z_{2,1}$) (принимают во внимание высоту прибора и отражателя) Ориентация: обратное визирование к S_1 (1000, 2000, 300)			
S_3	$x_{3,2}$	$y_{3,2}$	$z_{3,2}$
S_1	$x_{1,1}$	$y_{1,1}$	$z_{1,1}$
Точка стояния прибора S_3 Координаты: ($x_{3,1}$, $y_{3,1}$, $z_{3,1}$) (принимают во внимание высоту прибора и отражателя) Ориентация: обратное визирование к (1000, 2000, 300)			
S_1	$x_{1,2}$	$y_{1,2}$	$z_{1,2}$
S_2	$x_{2,2}$	$y_{2,2}$	$z_{2,2}$

S_j — точка стояния прибора или точка визирной цели j (j = 1, 2, 3).
$x_{j,k}$ — k-е измерение (k = 1, 2) координаты x j-й точки (j = 1, 2, 3).
$y_{j,k}$ — k-е измерение (k = 1, 2) координаты y j-й точки (j = 1, 2, 3).
$z_{j,k}$ — k-е измерение (k = 1, 2) координаты z j-й точки (j = 1, 2, 3).

6.3 Расчет

Разности координат рассчитывают следующим образом:

$$\begin{aligned} d_1 &= x_{1,1} - x_{1,2}, \\ d_2 &= x_{2,1} - x_{2,2}; \\ d_3 &= x_{3,1} - x_{3,2}; \\ d_4 &= y_{1,1} - y_{1,2}, \\ d_5 &= y_{2,1} - y_{2,2}; \\ d_6 &= y_{3,1} - y_{3,2}; \\ d_7 &= z_{1,1} - z_{1,2}; \\ d_8 &= z_{2,1} - z_{2,2}; \\ d_9 &= z_{3,1} - z_{3,2} \end{aligned} \qquad (1)$$

и полуразность максимальных разностей

$$d_{x,y} = \frac{1}{2}\max_{j=7,8,9}\left|d_j\right|; \qquad (2)$$

$$d_z = \frac{1}{2}\max_{j=7,8,9}\left|d_j\right|. \qquad (3)$$

Полуразности $d_{x,y}$ и d_z не должны превышать предела допустимого отклонения $\pm p_{x,y}$ и $\pm p_z$ соответственно (согласно ИСО 4463-1) для поставленной задачи измерения. Если $\pm p_{x,y}$ и $\pm p_z$ не заданы, полуразности должны быть $d_{x,y} < 2{,}5\ s_{ISO\text{-}TACH\text{-}XY}$ и $d_z < 2{,}5\ s_{ISO\text{-}TACH\text{-}Z}$ соответственно, где $s_{ISO\text{-}TACH\text{-}XY}$ и $s_{ISO\text{-}TACH\text{-}Z}$ являются экспериментальными стандартными (среднеквадратическими) отклонениями измерений x, y, z соответственно, определенными в соответствии с полной методикой измерений одним и тем же прибором.

Если полуразности $d_{x,y}$ и d_z соответственно слишком велики для поставленной задачи измерения, необходимо провести дополнительные изыскания, чтобы идентифицировать основные источники отклонений.

7 Полная методика испытаний

7.1 Конфигурация испытательного поля

Три штатива, на каждом из которых размещено устройство для принудительного центрирования S_j (j = 1, 2, 3), необходимо установить в углы треугольника (см. рисунок 1). Длину сторон треугольника рекомендуется выбирать в соответствии с поставленной задачей измерения (например, от 100 до 200 м). Высоты z_j должны быть разными, насколько позволяет поверхность земли.

7.2 Измерение

Прежде чем приступить к измерениям прибор настраивают в соответствии с требованиями изготовителя. Все координаты измеряют в один и тот же день. Чтобы устранить неопределенность в результате децентрирования, необходимо использовать принудительное центрирование.

Необходимо выполнить три серии измерений (m = 3, для i = 1, ..., m), каждое из которых требует установку прибора на один из трех n = 3 штативов в точке S_j (в одну из трех точек) (набор j) измеряемого треугольника в установленном порядке, например, $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2$ ... . Прибор следует всегда тщательно выравнивать. Не существует методики ориентации для системы координат прибора, такой как «свободное позиционирование с приведением шкалы». Чтобы обеспечить применение надежных поправок на атмосферу, температуру воздуха и давление рекомендуется измерять часто, и полученные значения использовать для корректировки электронно-оптических измерений расстояния. Координаты (x_j, y_j, z_j) для каждой настройки прибора всегда устанавливают на нуль (0, 0, 0).

Координаты отражателей в двух других точках S_k (k = 1, 2, 3) треугольника измеряют в двух позициях лимба зрительной трубы.

$$x_{i,j,k,I},\ y_{i,j,k,I},\ z_{i,j,k,I},\ x_{i,j,k,II},\ y_{i,j,k,II},\ z_{i,j,k,II};\ i = 1, 2, 3;\ j = 1, 2, 3;\ k = 1, 2, 3.$$

Для измерения разностей координат z между реперными точками устройства для принудительного центрирования учитывают разность δ между высотой прибора и высотой визирной марки. Поскольку точное значение разности будет неизвестным параметром настройки (см. 7.3.2), значение δ должно быть одинаковым для всех измерений. Следовательно, необходимо брать одну и ту же призму или две призмы одинакового типа.

Для простых и безошибочных расчетов необходимо выполнять последовательность измерения, приведенную в таблице 2.

Таблица 2 — Последовательность измерений

Точки	i	j	k	Точки	i	j	k	Точки	i	j	k
$S_1 \rightarrow S_2$	1	1	2	$S_1 \rightarrow S_2$	2	1	2	$S_1 \rightarrow S_2$	3	1	2
$S_1 \rightarrow S_3$	1	1	3	$S_1 \rightarrow S_3$	2	1	3	$S_1 \rightarrow S_3$	3	1	3
$S_2 \rightarrow S_1$	1	2	1	$S_2 \rightarrow S_1$	2	2	1	$S_2 \rightarrow S_1$	3	2	1
$S_2 \rightarrow S_3$	1	2	3	$S_2 \rightarrow S_3$	2	2	3	$S_2 \rightarrow S_3$	3	2	3
$S_3 \rightarrow S_1$	1	3	1	$S_3 \rightarrow S_1$	2	3	1	$S_3 \rightarrow S_1$	3	3	1
$S_3 \rightarrow S_2$	1	3	2	$S_3 \rightarrow S_2$	2	3	2	$S_3 \rightarrow S_2$	3	3	2

Средние значения показаний в двух позициях I и II лимба зрительной трубы отмечают как квазинаблюдения

$$x_{i,j,k} = \frac{1}{2}(x_{i,j,k,I} + x_{i,j,k,II});$$

$$y_{i,j,k} = \frac{1}{2}(y_{i,j,k,I} + y_{i,j,k,II}); \quad (4)$$

$$z_{i,j,k} = \frac{1}{2}(z_{i,j,k,I} + z_{i,j,k,II});$$

$i = 1, 2, 3;\ j = 1, 2, 3;\ k = 1, 2, 3.$

7.3 Расчет

7.3.1 Прецизионность координат *x* и *y*

Чтобы получить сопоставимые результаты трех серий измерений, необходимо привести каждую серию к одной и той же позиции, например, первому набору первой серии.

Поскольку координаты местоположения точки S_1 должны иметь (получить) нулевые значения, то есть (0, 0), необходимо выполнить параллельное перемещение каждого набора

$$x'_{i,j,k} = x_{i,j,k} - x_{i,j,1};$$
$$y'_{i,j,k} = y_{i,j,k} - y_{i,j,1}; \quad (5)$$
$i = 1, 2, 3;\ j = 1, 2, 3;\ k = 1, 2, 3.$

Для первого набора измерений ($i = 1, j = 1$) необходимо вращение.

Таким образом, трансформированные координаты для поворота двух угловых точек S_2 и S_3 измеряемого треугольника получают напрямую как параллельно перемещенные координаты набора $j = 1$ серии $i = 1$

$$x''_{1,1,k} = x'_{1,1,k};$$
$$y''_{1,1,k} = y'_{1,1,k};$$
$k = 2, 3.$

Для каждого из следующих наборов $j = 1, 2, 3$ серий $i = 1, 2, 3$ выполняют поворот φ_{ij} с центром в точке S_1.

Наиболее доступный способ — вращение в полярных координатах. Для каждой визирной марки $k = 2, 3$ прямоугольные координаты преобразуют в полярные координаты

$$t'_{i,j,k} = \operatorname{arctg}\frac{y'_{i,j,k}}{x'_{i,j,k}}; \quad (6)$$

$$s_{i,j,k} = \sqrt{x'^2_{i,j,k} + y'^2_{i,j,k}}. \quad (7)$$

Ориентацию каждого набора *j* серии *i* можно выразить средним значением

$$t'_{i,j} = \frac{1}{2}(t'_{i,j,2} + t'_{i,j,3}). \quad (8)$$

Следовательно, угол поворота равен

$$\varphi_{i,j} = t'_{1,1} - t'_{i,j};\ \ i = 1, 2, 3;\ \ j = 1, 2, 3. \quad (9)$$

И, таким образом, новая ориентация будет

$$t_{i,j,k} = t'_{i,j,k} + \varphi_{i,j};\ i = 1, 2, 3;\ j = 1, 2, 3;\ k = 2, 3. \quad (10)$$

Преобразованные координаты затем рассчитывают как

$$x''_{i,j,k} = s_{i,j,k} \cdot \cos t_{i,j,k};\ i = 1, 2, 3;\ j = 1, 2, 3;\ k = 2, 3. \quad (11)$$

$$y''_{i,j,k} = s_{i,j,k} \cdot \sin t_{i,j,k};\ i = 1, 2, 3;\ j = 1, 2, 3;\ k = 2, 3. \quad (12)$$

Вычисленные координаты S_2 и S_3 получают в виде

$$\overline{x}''_k = \frac{1}{9}\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} x''_{i,j,k};\ k = 2, 3, \tag{13}$$

$$\overline{y}''_k = \frac{1}{9}\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} y''_{i,j,k};\ k = 2, 3. \tag{14}$$

Для 36 остатков такого вычисления:

$$r_{x,i,j,k} = \overline{x}''_k - x''_{i,j,k};\ i = 1, 2, 3;\ j = 1, 2, 3;\ k = 2, 3, \tag{15}$$

$$r_{y,i,j,k} = \overline{y}''_k - \overline{y}''_{i,j,k};\ i = 1, 2, 3;\ j = 1, 2, 3;\ k = 2, 3 \tag{16}$$

сумма квадратов остатков равна

$$\sum r^2_{XY} = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3}\sum_{k=2}^{3}\left(r^2_{x,i,j,k} + r^2_{y,i,j,k}\right). \tag{17}$$

Поскольку существуют восемь параметров вращения и четыре усредненные координаты углов треугольника, точки S_2 и точки S_3, число неизвестных параметров в вычислении равно $u = 8 + 4 = 12$. Таким образом, число степеней свободы будет

$$\nu_{XY} = 36 - 12 = 24. \tag{18}$$

Стандартное (среднеквадратическое) отклонение одной координаты x или y, наблюдаемой в одной из двух позиций лимба зрительной трубы, будет

$$s_{XY} = \sqrt{\frac{\sum r^2_{XY}}{24}} \tag{19}$$

и наконец

$$s_{ISO-TACH-XY} = s_{XY}. \tag{20}$$

7.3.2 Прецизионность координат z

Поскольку координата z точки S_1 установлена на нуль, неизвестные в вычислении представляют собой координаты z_2 и z_3 точек S_2 и S_3 и разность высот δ высоты прибора и высоты визирной марки. Вычисление методом наименьших квадратов дает систему нормальных уравнений с решением в явном виде согласно уравнениям (21) — (23).

Три неизвестных параметра вычисления ($u = 3$) являются координатами S_2 и S_3.

$$z_2 = \frac{1}{18}\begin{Bmatrix} 2z_{1,1,2} + z_{1,1,3} - 2z_{1,2,1} - z_{1,2,3} - z_{1,3,1} + z_{1,3,2} \\ + 2z_{2,1,2} + z_{2,1,3} - 2z_{2,2,1} - z_{2,2,3} - z_{2,3,1} + z_{2,3,2} \\ + 2z_{3,1,2} + z_{3,1,3} - 2z_{3,2,1} - z_{3,2,3} - z_{3,3,1} + z_{3,3,2} \end{Bmatrix}; \tag{21}$$

$$z_3 = \frac{1}{18}\begin{Bmatrix} 2z_{1,1,2} + z_{1,1,3} - 2z_{1,2,1} - z_{1,2,3} - z_{1,3,1} + z_{1,3,2} \\ + 2z_{2,1,2} + z_{2,1,3} - 2z_{2,2,1} - z_{2,2,3} - z_{2,3,1} + z_{2,3,2} \\ + 2z_{3,1,2} + z_{3,1,3} - 2z_{3,2,1} - z_{3,2,3} - z_{3,3,1} + z_{3,3,2} \end{Bmatrix} \tag{22}$$

и разность δ будет равна

$$\delta = \frac{1}{18}\begin{Bmatrix} -z_{1,1,2} - z_{1,1,3} - z_{1,2,1} - z_{1,2,3} - z_{1,3,1} - z_{1,3,2} \\ - z_{2,1,2} - z_{2,1,3} - z_{2,2,1} - z_{2,2,3} - z_{2,3,1} + z_{2,3,2} \\ + z_{3,1,2} + 2z_{3,1,3} - z_{3,2,1} - z_{3,2,3} - 2z_{3,3,1} + z_{3,3,2} \end{Bmatrix}. \tag{23}$$

С этими тремя параметрами 18 остатков $r_{i,j,k}$ вычисления рассчитывают следующим образом:

$$
\begin{array}{lll}
r_{1\,1,2} = z_2 - \delta - z_{1,1\,2} & r_{2,1,2} = z_2 - \delta - z_{2\,1,2} & r_{3\,1,2} = z_2 - \delta - z_{3\,1,2} \\
r_{1\,1,3} = z_3 - \delta - z_{1,1\,3} & r_{2,1,3} = z_3 - \delta - z_{2\,1,3} & r_{3\,1,3} = z_3 - \delta - z_{3.1\,3} \\
r_{1\,2,1} = -z_2 - \delta - z_{1,2\,1} & r_{2,2,1} = -z_2 - \delta - z_{2,2,1} & r_{3\,2,1} = -z_2 - \delta - z_{3,2,1} \\
r_{1\,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{1\,2,3} & r_{2,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{2,2,3} & r_{3\,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{3\,2,3} \\
r_{1\,3,1} = -z_3 - \delta - z_{1,3\,1} & r_{2,3,1} = -z_3 - \delta - z_{2,3,1} & r_{3\,3,1} = -z_3 - \delta - z_{3,3.1} \\
r_{1\,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{1\,3,2} & r_{2,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{2\,3,2} & r_{3\,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{3,3\,2}.
\end{array}
\tag{24}
$$

Получают сумму квадратов остатков

$$\sum r_z^2 = \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{3} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^{3} r_{i,j,k}^2. \tag{25}$$

С числом степеней свободы

$$\nu_z = 18 - 3 = 15. \tag{26}$$

Наконец, стандартное (среднеквадратическое) отклонение одной координаты z, измеренной в одной из позиций лимба зрительной трубы

$$s_{\text{ISO-TACH-Z}} = \sqrt{\frac{\sum r_z^2}{15}}. \tag{27}$$

7.4 Статистические испытания

7.4.1 Общие положения

Статистические испытания рекомендованы только для полной методики испытания.

Для интерпретации результатов статистические испытания выполняют, используя экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение координаты, измеренной на треугольнике.

Чтобы ответить на следующие вопросы:

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

b) Принадлежат ли два экспериментальных стандартных (среднеквадратических) отклонения s и $\tilde{s}$, определенные для двух разных образцов измерения, к одной и той же генеральной совокупности, предположив, что оба образца имеют одинаковое число степеней свободы ν?

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

- двух выборок измерений, выполненных на одном и том же приборе разными наблюдателями;
- двух выборок измерений, выполненных на одном и том же приборе в разное время;
- двух выборок измерений, выполненных на разных приборах.

Для следующих испытаний уровень доверия $1 - \alpha = 0{,}95$ и, согласно предназначению измерений, предполагается, что число степеней свободы $\nu_{XY} = 24$ для координат x и y, и $\nu_z = 15$ для координаты z.

Таблица 3 — Статистические испытания

Вопрос	Нуль-гипотеза	Альтернативная гипотеза
a)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
b)	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$

7.4.2 Ответ на вопрос a)

Нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение s меньше или равно теоретическому или предварительно определенному значению σ, не отвергают, если выполнены следующие условия:

для x и y для z

$$s \le \sigma \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(\nu_{XY})}{\nu_{XY}}}; \qquad s \le \sigma \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(\nu_Z)}{\nu_Z}}; \tag{28}$$

$$s \le \sigma \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(24)}{24}}; \qquad s \le \sigma \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(15)}{15}}; \tag{29}$$

$$\chi^2_{0,95}(24) = 36,42; \qquad \chi^2_{0,95}(15) = 25,00; \tag{30}$$

$$s \le \sigma \sqrt{\frac{36,42}{24}}; \qquad s \le \sigma \sqrt{\frac{25,00}{15}}; \tag{31}$$

$$s \le \sigma\, 1,23. \qquad s \le \sigma\, 1,29. \tag{32}$$

В противном случае нуль-гипотезу отвергают.

7.4.3 Ответ на вопрос b)

В случае двух разных образцов испытание показывает, принадлежат ли два экспериментальных стандартных (среднеквадратических) отклонения s и $\tilde{s}$ к одной и той же генеральной совокупности. Соответствующую нуль-гипотезу $\sigma = \tilde{\sigma}$ не отвергают, если выполнены следующие условия:

для x и y для z

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu_{XY},\nu_{XY})} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{1-\alpha/2}(\nu_{XY},\nu_{XY}); \qquad \frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu_Z,\nu_Z)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{1-\alpha/2}(\nu_Z,\nu_Z); \tag{33}$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(24,24)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{0,975}(24,24); \qquad \frac{1}{F_{0,975}(15,15)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{0,975}(15,15); \tag{34}$$

$$F_{0,975}(24,24) = 2,27; \qquad F_{0,975}(15,15) = 2,86; \tag{35}$$

$$0,44 \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le 2,27. \qquad 0,35 \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le 2,86. \tag{36}$$

В противном случае нуль-гипотезу отвергают.

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

Приложение А
(справочное)

Пример упрощенной методики испытания

А.1 Измерения

В таблице А.1 все измерения компилированы согласно схеме наблюдений, приведенной в таблице 1.

Наблюдатель: С. Миллер
Погода: частичная облачность (5/8), 18 °С
Атмосферное давление 995 гПа
Тип прибора и номер: №№xxx 630401
Дата: 2001—03—15

Таблица А.1 — Измерения

1 Точка стояния прибора	2 Точка визирной марки	3 Координата x, м	4 Координата y, м	5 Координата z, м
S_1		1000,000	2000,000	300,000
	S_2	984,076	2082,959	302,227
	S_3	883,478	2015,557	286,794
S_2		984,076	2082,959	302,227
	S_3	883,480	2015,549	286,795
	S_1	1000,000	1999,999	300,002
S_3		883,478	2015,557	286,794
	S_1	1000,000	2000,000	300,002
	S_2	984,082	2082,955	302,228

А.2 Расчет

В соответствии с уравнением (1) разность координат рассчитывают следующим образом:

$d_1 = 0{,}000$,
$d_2 = -0{,}006$,
$d_3 = -0{,}002$,
$d_4 = -0{,}001$,
$d_5 = 0{,}004$,
$d_6 = 0{,}008$,
$d_7 = 0{,}000$,
$d_8 = -0{,}001$,
$d_9 = -0{,}001$.

Согласно уравнению (2) полуразность максимальных разностей

$d_{x,y} = 0{,}008$.

Согласно уравнению (3)

$d_z = 0{,}0005$.

Приложение В
(справочное)

Пример полной методики испытания

В.1 Измерения координат *x* и *y*

Таблица В.1 содержит в столбцах 2 и 3 измеренные координаты *x* и *y*.

Таблица В.1 — Измерения и остатки (HZ)

1 *i j k*	2 *x*, м	3 *y*, м	4 *x'*, м	5 *y'*, м	6 *t'*, рад	7 t, рад	8 s, м	9 *x''*, м	10 *y''*, м	11 r_x, м	12 r_y, м
1 1 1	0,000	0,000	0,000	0,000							
2	−0,007	63,994	−0,007	63,994	1,570906			−0,0070	63,9940	0,0014	0,0056
3	55,003	31,999	55,003	31,999	0,526906			55,0030	31,9990	−0,0023	0,0002
				$t'_{1,1}$ = 1,048906							
1 2 1	30,689	−56,157	0,000	0,000							
2	0,000	0,000	−30,689	56,157	2,070937	1,570911	63,9955	−0,0073	63,9955	0,0017	0,0042
3	63,615	−1,707	32,926	54,450	1,026927	0,526901	63,6312	55,0008	31,9974	−0,0001	0,0019
				$t'_{1,2}$ = 1,548932		−0,500026 = $\varphi_{1,2}$					
1 3 1	−2,791	−63,570	0,000	0,000							
2	−56,651	−29,000	−53,860	34,570	2,570969	1,570930	63,9999	−0,0086	63,9999	0,0029	−0,0002
3	0,000	0,000	2,791	63,570	1,526920	0,526882	63,6312	55,0015	31,9963	−0,0008	0,0029
				$t'_{1,3}$ = 2,048944		−1,000039 = $\varphi_{1,3}$					
2 1 1	0,000	0,000	0,000	0,000							
2	−18,919	61,133	−18,919	61,133	1,870921	1,570909	63,9935	−0,0072	63,9935	0,0016	0,0061
3	43,088	46,823	43,088	46,823	0,826915	0,526903	63,6315	55,0011	31,9977	−0,0004	0,0016
				$t'_{2,1}$ = 1,348918		−0,300 012 = $\varphi_{2,1}$					
2 2 1	63,846	−4,519	0,000	0,000							
2	0,000	0,000	−63,846	4,519	3,070931	1,570906	64,0057	−0,0070	64,0057	0,0014	−0,0061
3	35,818	52,606	−28,028	57,125	2,026931	0,526906	63,6305	55,0001	31,9973	0,0006	0,0020
				$t'_{2,2}$ = 2,548931		−1,500025 = $\varphi_{2,2}$					
2 3 1	−56,645	28,992	0,000	0,000							
2	−2,797	63,567	53,848	34,575	0,570791	1,570830	63,9925	−0,0022	63,9925	−0,0034	0,0072
3	0,000	0,000	56,645	−28,992	−0,473058	0,526981	63,6333	55,0001	32,0028	0,0006	−0,0036
				$t'_{2,3}$ = 0,048866		1,000039 = $\varphi_{2,3}$					
3 1 1	0,000	0,000	0,000	0,000							
2	−9,038	−63,365	−9,038	−63,365	4,570711	1,570801	64,0063	−0,0003	64,0063	−0,0053	−0,0067
3	−58,964	−23,916	−58,964	−23,916	3,526920	0,527011	63,6296	54,9960	32,0026	0,0047	−0,0034
				$t'_{3,1}$ = 4,048815		−2,999910 = $\varphi_{3,1}$					
3 2 1	58,201	26,638	0,000	0,000							
2	0,000	0,000	−58,201	−26,638	3,570823	1,570863	64,0073	−0,0043	64,0073	−0,0013	−0,0077
3	6,216	63,335	−51,985	36,697	2,526908	0,526948	63,6326	55,0006	32,0007	0,0001	−0,0015
				$t'_{3,2}$ = 3,048865		−1,999960 = $\varphi_{3,2}$					
3 3 1	−2,791	−63,573	0,000	0,000							
2	−56,651	−28,999	−53,860	34,574	2,570916	1,570903	64,0020	−0,0068	64,0020	0,0012	−0,0024
3	0,000	0,000	2,791	63,573	1,526922	0,526909	63,6342	55,0032	31,9994	−0,0025	−0,0001
				$t'_{3,3}$ = 2,048919		−1,000013 = $\varphi_{3,3}$					
								$\overline{x''}$ −0,0056 55,0007	$\overline{y''}$ 63,9996 31,9992		

$\sum r^2_{XY} = 4{,}259 \cdot 10^{-4}$ м^2; $s_{ISO\text{-}TACH\text{-}XY} = 0{,}0042$ м; $\nu_{XY} = 24$;

Условия измерений:

Наблюдатель:	С. Миллер
Погода:	солнечно, 12 °С;
Атмосферное давление	976 гПа
Прибор, тип и номер:	№№ххх 630401
Дата:	2001—03—12

В.2 Расчет

В соответствии с формулой (6) рассчитывают углы ориентации $t'_{i,j,k}$ для каждого направления и записывают в столбец 6 таблицы В.1(в данном примере значения углов приведены в радианах). Расстояния $s_{i,j,k}$ рассчитывают по формуле (7) и записывают в столбец 8 таблицы В.1. Уравнение (8) задает угол ориентации $t'_{j,i,k}$ каждой серии. Для угла поворота $\varphi_{i,j,k}$ по формуле (9) рассчитывают новую ориентацию $t_{i,j,k}$ по формуле (10) и записывают в столбец 7 таблицы В.1. Для $t_{i,j,k}$ и $s_{i,j,k}$ преобразованные координаты $x''_{i,j,k}$ и $y''_{i,j,k}$ рассчитывают по формулам (11) и (12) и записывают в столбцы 9 и 10 таблицы В.1. По уравнениям (13) и (14) вычисляют координаты x'' и y'' точек S_2 и S_3 (приведены внизу столбцов 9 и 10 таблицы В.1). Рассчитывают остатки по формулам (15) и (16) (столбцы 11 и 12 таблицы В.1). В итоге уравнение (17) дает

$$\sum r^2_{XY} = 4{,}259 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

и по формулам (19) и (20) получают экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение координаты, измеренной в двух позициях лимба зрительной трубы, измеренное в одном наборе измерений в двух позициях I и II лимба зрительной трубы

$s_{ISO\text{-}TACH\text{-}XY} = 0{,}0042$ м.

В.3 Измерения координаты *z*

Таблица В.2 содержит координаты z в столбце 4.

Таблица В.2 — Измерения и остатки (V)

1 i	2 j	3 k	4 $z_{i,j,k}$, м	5 z_2	6 z_2	7 δ	8 2,6632 м	9 5,7128 м	10 0,0492 м	11 $r_{i,j,k}$, м
1	1	2	2,615	2	1	–1	1	0	–1	–0,0010
	1	3	5,658	1	2	–1	0	1	–1	0,0056
1	2	1	–2,714	–2	–1	–1	–1	0	–1	0,0016
	2	3	3,004	–1	1	–1	–1	1	–1	–0,0036
1	3	1	–5,767	–1	–2	–1	0	–1	–1	0,0050
	3	2	–3,097	1	–1	–1	1	–1	–1	–0,0018
2	1	2	2,616	2	1	–1	1	0	–1	–0,0020
	1	3	5,657	1	2	–1	0	1	–1	0,0066
2	2	1	–2,712	–2	–1	–1	–1	0	–1	–0,0004
	2	3	3,004	–1	1	–1	–1	1	–1	–0,0036
2	3	1	–5,763	–1	–2	–1	0	–1	–1	0,0010
	3	2	–3,094	1	–1	–1	1	–1	–1	–0,0048
3	1	2	2,618	2	1	–1	1	0	–1	–0,0040
	1	3	5,661	1	2	–1	0	1	–1	0,0026
3	2	1	–2,711	–2	–1	–1	–1	0	–1	–0,0014
	2	3	3,005	–1	1	–1	–1	1	–1	–0,0046
3	3	1	–5,764	–1	–2	–1	0	–1	–1	0,0020
	3	2	–3,101	1	–1	–1	1	–1	–1	0,0022

Неизвестные параметры: 2,6632 5,7128 0,0492

$\sum r^2_V = 2{,}156 \cdot 10^{-4}$

$s_{ISO\text{-}TACH\text{-}V} = 0{,}0038$

$\nu_V = 15$

Условия измерения:

Наблюдатель:	С. Миллер
Погода:	солнечно, 12°С
Атмосферное давление	976 гПа
Номер прибора	№№ ххх 630401
Дата: 2001—03—12	

B.4 Расчет

Для простого и безошибочного расчета трех неизвестных параметров по формулам (21) — (23) коэффициенты $z_{i,j,k}$ приведены в столбцах 5—7 таблицы B.2. Складывают произведения чисел в столбце 4 таблицы B.2 на соответствующие числа в столбцах 5, 6 или 7. Например, для z_3 расчет суммы значений в столбце 4 умножают на значения в столбце 6.

$$z_3 = \frac{1}{18}\,[2{,}615\cdot 1 + 5{,}568\cdot 2 - 2{,}714\cdot(-1) + \ldots - 3{,}101\cdot(-1)]\ \text{м} = 5{,}7128\ \text{м}.$$

Для простого расчета остатков по формуле (24) значения неизвестных параметров повторяют в столбцах 8 — 10 в первой строке таблицы B.2, и в следующих строках приведены коэффициенты этих неизвестных параметров. Отсюда расчет, например для $r_{1,2\,3}$, представляет собой

$r_{1,2,3} = 1\cdot 2{,}6632 - 1\cdot 5{,}7128 - 1\cdot 0{,}049\ 2 - (3{,}097)\ \text{м} = -0{,}0018\ \text{м}$.

По формуле (25) рассчитывают

$$\sum r_z^2 = 2{,}156\cdot 10^{-4}\ \text{м}^2$$

и по формуле (27) получают

$s_{\text{ISO-TACH-Z}} = 0{,}0038$ м.

B.5 Статистические испытания

B.5.1 Статистическое испытание согласно вопросу a)

Критерий для x и y

$\sigma = 5{,}0$ мм;

$s_{\text{ISO-TACH-XY}} = 4{,}2$ мм;

$\nu_{XY} = 24$;

4,2 мм $\le$ 5,0 мм$\cdot$1,23;

4,2 мм $\le$ 6,2 мм.

Поскольку выполнено вышеуказанное условие, нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальное среднеквадратическое отклонение $s_{\text{ISO-TACH-XY}} = 4{,}2$ мм меньше или равно значению от изготовителя $\sigma = 5{,}0$ мм, не отвергают на доверительном уровне 95 %.

Критерий для z

$\sigma = 5{,}0$ мм;

$s_{\text{ISO-TACH-Z}} = 3{,}8$ мм;

$\nu_Z = 15$;

3,8 мм $\le$ 5,0 мм$\cdot$1,29;

3,8 мм $\le$ 6,45 мм.

Поскольку выполнено вышеуказанное условие, нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальное среднеквадратическое отклонение $s_{\text{ISO-TACH-Z}} = 3{,}8$ мм меньше или равно значению от изготовителя $\sigma = 5{,}0$ мм, не отвергают на доверительном уровне 95 %.

B.5.2 Статистическое испытание согласно вопросу b)

Критерий для x и y

$s = 4{,}2$ мм;

$\tilde{s} = 4{,}8$ мм;

$\nu_{XY} = 24$;

$$0{,}44 \le \frac{17{,}64\ \text{мм}^2}{23{,}04\ \text{мм}^2} \le 2{,}27;$$

$0{,}44 \le 0{,}77 \le 2{,}27$.

Поскольку выполнено вышеуказанное условие, нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальные стандартные (среднеквадратические) отклонения $s = 4{,}2$ мм и $\tilde{s} = 4{,}8$ мм принадлежат к одной и той же генеральной совокупности, не отвергают на доверительном уровне 95 %.

Критерий для z

$s = 3{,}8$ мм;

$\tilde{s} = 5{,}2$ мм;

$\nu_{XY} = 15$;

$$0{,}35 \le \frac{14{,}44\ \text{мм}^2}{27{,}04\ \text{мм}^2} \le 2{,}86;$$

$0{,}35 \le 0{,}53 \le 2{,}86$.

Поскольку выполнено вышеуказанное условие, нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальные стандартные (среднеквадратические) отклонения $s = 3{,}8$ мм и $s = 5{,}2$ мм принадлежат к одной и той же генеральной совокупности, 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 национального стандарта
ИСО 3534-1:2006	MOD	ГОСТ Р 50779.10—2000 (ИСО 3534-1—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 17.180.30 Т86.10

Ключевые слова: геодезия, геодезические измерения, испытания геодезических приборов

Редактор *О. А. Стояновская*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *Н. И. Гаврищук*
Компьютерная верстка *Т. Ф. Кузнецовой*

Сдано в набор 07.11.2012. Подписано в печать 10.01.2013. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,90. Тираж 93 экз Зак. 1803.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.

gost.e-ecolog.ru