

---

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  
2019

## Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии 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 tachometers», IDT).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2019 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «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 ([www.gost.ru](http://www.gost.ru))*

© ISO, 2005 — Все права сохраняются  
© Стандартиформ, оформление, 2013, 2019

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 .....	2
4 Требования.....	2
5 Принцип измерения.....	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 .....	15

## 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 дальнометры (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 проверок 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».

## 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 проверок 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 являются обязательными для применения настоящего стандарта. Для датированных ссылок используют только указанное издание. Для недатированных — последнее издание (включая любые изменения).

ISO 3534-1:2006, Statistics — Vocabulary and symbols — Part 1: General statistical terms and terms used in probability (Статистика. Словарь и условные обозначения. Часть 1. Термины, используемые в теории вероятности, и общие статистические термины)

ISO 4463-1:1989, Measurement methods for building — Setting-out and measurement — Part 1: Planning and organization, measuring procedures, acceptance criteria (Методы измерения в строительстве. Монтаж и измерение. Часть 1. Планирование и организация, процедуры измерения, критерии приемки)

ISO 7077:1981, Measuring methods for building — General principles and procedures for the verification of dimensional compliance (Методы измерения в строительстве. Общие принципы и методы контроля соблюдения размеров)

ISO 7078:1985, Building construction — Procedures for setting out, measurement and surveying — Vocabulary and guidance notes (Строительство зданий. Процедуры для разбивки, измерения и топографической съемки. Словарь и примечания)

ISO 9849:2000<sup>1)</sup>, Optics and optical instruments — Geodetic and surveying instruments — Vocabulary (Оптика и оптические приборы. Геодезические и топографические приборы. Словарь)

ISO 17123-1:2002<sup>2)</sup>, Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 1: Theory (Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 1. Теория)

<sup>1)</sup> Заменен на ISO 9849:2017.

<sup>2)</sup> Заменен на ISO 17123-1:2014.

GUM Guide to the expression of uncertainty in measurement (Руководство по выражению неопределенности в измерении)

VIM International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины)

### **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.

### **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 измерения**

### **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 испытаний 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

$$S_{\text{ISO-TACH-XY}} \text{ И } S_{\text{ISO-TACH-Z}}$$

Полную методику используют для определения:

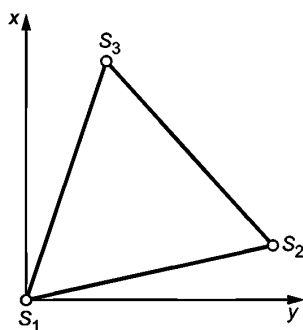
- критерия прецизионности в эксплуатации электронных тахеометров отдельной изыскательской партией одним прибором с его вспомогательным оборудованием в данное время;
- критерия прецизионности в эксплуатации отдельного прибора в течение длительного времени;
- критерия прецизионности в эксплуатации каждого 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  $\sigma$ , 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 стояния 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. Температуру 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  $1^\circ\text{C}$  и/или давления воздуха на 3 гПа (3 мбар). Должна быть применена правильная поправка нуля-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.

Т а б л и ц а 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:

$$d_1 = x_{1,1} - x_{1,2};$$

$$d_2 = x_{2,1} - x_{2,2};$$

$$d_3 = x_{3,1} - x_{3,2};$$

$$d_4 = y_{1,1} - y_{1,2};$$

$$d_5 = y_{2,1} - y_{2,2};$$

$$d_6 = y_{3,1} - y_{3,2};$$

$$d_7 = z_{1,1} - z_{1,2};$$

$$d_8 = z_{2,1} - z_{2,2};$$

$$d_9 = z_{3,1} - z_{3,2}$$

(1)

и полуразность максимальных разностей

$$d_{x,y} = \frac{1}{2} \max_{i=7,8,9} |d_i|; \quad (2)$$

$$d_z = \frac{1}{2} \max_{i=7,8,9} |d_i|. \quad (3)$$

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  $d_{x,y} < 2,5 s_{\text{ISO-TACH-XY}}$  и  $d_z < 2,5 s_{\text{ISO-TACH-Z}}$  соответственно, где  $s_{\text{ISO-TACH-XY}}$  и  $s_{\text{ISO-TACH-Z}}$  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  $i = 1, \dots, m$ ), каждое из которых требует установки 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  $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \dots$ . 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  $\delta$  между высотой прибора и высотой визирной марки. Поскольку точное значение разности будет неизвестным параметром настройки (см. 7.3.2), значение  $\delta$  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.

Т а б л и ц а 2 — Последовательность измерений

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

Окончание таблицы 2

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

Средние значения показаний в двух позициях I и II лимба зрительной трубы отмечают как квази-наблюдения

$$\begin{aligned}
 x_{i,j,k} &= \frac{1}{2}(x_{i,j,k,I} + x_{i,j,k,II}); \\
 y_{i,j,k} &= \frac{1}{2}(y_{i,j,k,I} + y_{i,j,k,II}); \\
 z_{i,j,k} &= \frac{1}{2}(z_{i,j,k,I} + z_{i,j,k,II}); \\
 i &= 1, 2, 3; j = 1, 2, 3; k = 1, 2, 3.
 \end{aligned} \tag{4}$$

### 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 к 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

$$\begin{aligned}
 x'_{i,j,k} &= x_{i,j,k} - x_{i,j,1}; \\
 y'_{i,j,k} &= y_{i,j,k} - y_{i,j,1}; \\
 i &= 1, 2, 3; j = 1, 2, 3; k = 1, 2, 3..
 \end{aligned} \tag{5}$$

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  $i = 1$

$$\begin{aligned}
 x'_{1,1,k} &= x'_{1,1,k}; \\
 y'_{1,1,k} &= y'_{1,1,k}; \\
 k &= 2, 3.
 \end{aligned}$$

Для каждого из следующих наборов  $j = 1, 2, 3$  серий  $i = 1, 2, 3$  выполняют поворот  $\varphi_{ij}$  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

$$t'_{i,j,k} = \arctg \frac{y'_{i,j,k}}{x'_{i,j,k}}, \tag{6}$$

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

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

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

Следовательно, угол поворота равен

$$\varphi_{ij} = t'_{1,1} - t'_{ij}; i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3. \tag{9}$$

И, таким образом, новая ориентация будет

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

Преобразованные координаты затем рассчитывают как

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

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

Вычисленные координаты  $S_2$  и  $S_3$  получают в виде

$$\bar{x}''_k = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 x''_{i,j,k}; \quad k = 2, 3; \quad (13)$$

$$\bar{y}''_k = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 y''_{i,j,k}; \quad k = 2, 3. \quad (14)$$

Для 36 остатков такого вычисления:

$$r_{x,i,j,k} = \bar{x}''_k - x''_{i,j,k}; \quad i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3; k = 2, 3; \quad (15)$$

$$r_{y,i,j,k} = \bar{y}''_k - y''_{i,j,k}; \quad i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3; k = 2, 3 \quad (16)$$

сумма квадратов остатков равна

$$\sum r_{XY}^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=2}^3 (r_{x,i,j,k}^2 + r_{y,i,j,k}^2). \quad (17)$$

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

$$v_{XY} = 36 - 12 = 24. \quad (18)$$

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

$$s_{XY} = \sqrt{\frac{\sum r_{XY}^2}{24}} \quad (19)$$

и наконец

$$s_{\text{ISO-TACH-XY}} = s_{XY}. \quad (20)$$

### 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  $\delta$  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  $S_3$ .

$$Z_2 = \frac{1}{18} \left\{ \begin{array}{l} 2z_{1,1,2} + z_{1,1,3} - 2z_{1,2,1} - z_{1,2,3} - z_{1,3,1} + z_{1,3,2} \\ + 2z_{2,1,2} + z_{2,1,3} - 2z_{2,2,1} - z_{2,2,3} - z_{2,3,1} + z_{2,3,2} \\ + 2z_{3,1,2} + z_{3,1,3} - 2z_{3,2,1} - z_{3,2,3} - z_{3,3,1} + z_{3,3,2} \end{array} \right\}, \quad (21)$$

$$Z_3 = \frac{1}{18} \left\{ \begin{array}{l} 2z_{1,1,2} + z_{1,1,3} - 2z_{1,2,1} - z_{1,2,3} - z_{1,3,1} + z_{1,3,2} \\ + 2z_{2,1,2} + z_{2,1,3} - 2z_{2,2,1} - z_{2,2,3} - z_{2,3,1} + z_{2,3,2} \\ + 2z_{3,1,2} + z_{3,1,3} - 2z_{3,2,1} - z_{3,2,3} - z_{3,3,1} + z_{3,3,2} \end{array} \right\}, \quad (22)$$

и разность  $\delta$  будет равна

$$\delta = \frac{1}{18} \left\{ \begin{array}{l} -z_{1,1,2} - z_{1,1,3} - z_{1,2,1} - z_{1,2,3} - z_{1,3,1} - z_{1,3,2} \\ -z_{2,1,2} - z_{2,1,3} - z_{2,2,1} - z_{2,2,3} - z_{2,3,1} + z_{2,3,2} \\ +z_{3,1,2} + 2z_{3,1,3} - z_{3,2,1} - z_{3,2,3} - 2z_{3,3,1} + z_{3,3,2} \end{array} \right\}. \quad (23)$$

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

$$\begin{array}{lll} r_{1,1,2} = z_2 - \delta - z_{1,1,2} & r_{2,1,2} = z_2 - \delta - z_{2,1,2} & r_{3,1,2} = z_2 - \delta - z_{3,1,2} \\ r_{1,1,3} = z_3 - \delta - z_{1,1,3} & r_{2,1,3} = z_3 - \delta - z_{2,1,3} & r_{3,1,3} = z_3 - \delta - z_{3,1,3} \\ r_{1,2,1} = -z_2 - \delta - z_{1,2,1} & r_{2,2,1} = -z_2 - \delta - z_{2,2,1} & r_{3,2,1} = -z_2 - \delta - z_{3,2,1} \\ r_{1,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{1,2,3} & r_{2,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{2,2,3} & r_{3,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{3,2,3} \\ r_{1,3,1} = -z_3 - \delta - z_{1,3,1} & r_{2,3,1} = -z_3 - \delta - z_{2,3,1} & r_{3,3,1} = -z_3 - \delta - z_{3,3,1} \\ r_{1,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{1,3,2} & r_{2,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{2,3,2} & r_{3,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{3,3,2} \end{array} \quad (24)$$

Получают сумму квадратов остатков

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

С числом степеней свободы

$$v_z = 18 - 3 = 15. \quad (26)$$

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

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

## 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:

а) Будет ли рассчитанное стандартное (среднеквадратическое) отклонение  $s$  меньше, чем соответствующее значение  $\sigma$ , установленное изготовителем, или меньше, чем другое предварительно определенное значение  $\sigma$ ?

б) 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  $v$ ?

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  $v_{xy} = 24$  для координат  $x$  и  $y$ , и  $v_z = 15$  для координаты  $z$ .

Т а б л и ц а 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 а)

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

$$\begin{array}{ll} \text{для } x \text{ и } y & \text{для } z \\ s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(v_{XY})}{v_{XY}}}; & s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(v_Z)}{v_Z}}; \end{array} \quad (28)$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(24)}{24}}; \quad s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(15)}{15}}; \quad (29)$$

$$\chi_{0,95}^2(24) = 36,42; \quad \chi_{0,95}^2(15) = 25,00; \quad (30)$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{36,42}{24}}; \quad s \leq \sigma \sqrt{\frac{25,00}{15}}; \quad (31)$$

$$s \leq \sigma 1,23. \quad s \leq \sigma 1,29. \quad (32)$$

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  $\bar{s}$  к одной и той же генеральной совокупности. Соответствующую нуль-гипотезу  $\sigma = \bar{\sigma}$  не отвергают, если выполнены следующие условия:

$$\begin{array}{ll} \text{для } x \text{ и } y & \text{для } z \\ \frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v_{XY}, v_{XY})} \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v_{XY}, v_{XY}); & \frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v_Z, v_Z)} \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v_Z, v_Z); \end{array} \quad (33)$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(24, 24)} \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq F_{0,975}(24, 24); \quad \frac{1}{F_{0,975}(15, 15)} \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq F_{0,975}(15, 15); \quad (34)$$

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

$$0,44 \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq 2,27. \quad 0,35 \leq \frac{s^2}{\bar{s}^2} \leq 2,86. \quad (36)$$

В противном случае нуль-гипотезу отвергают.

Число степеней свободы и, таким образом, соответствующие экспериментальные значения  $\chi_{1-\alpha}^2(v)$ ,  $F_{1-\alpha/2}(v, v)$  и  $t_{1-\alpha}(v)$  (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:	№№ххх 630401
Дата:	2001-03-15

Т а б л и ц а А.1 — Измерения

1 Точка стояния прибора	2 Точка визирной марки	3 Координата x, м	4 Координата y, м	5 Координата z, м
S <sub>1</sub>		1 000,000	2 000,000	300,000
	S <sub>2</sub>	984,076	2 082,959	302,227
	S <sub>3</sub>	883,478	2 015,557	286,794
S <sub>2</sub>		984,076	2 082,959	302,227
	S <sub>3</sub>	883,480	2 015,549	286,795
	S <sub>1</sub>	1 000,000	1 999,999	300,002
S <sub>3</sub>		883,478	2 015,557	286,794
	S <sub>1</sub>	1 000,000	2 000,000	300,002
	S <sub>2</sub>	984,082	2 082,955	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  $y$ .

Т а б л и ц а В.1 — Измерения и остатки (НЗ)

1 $ijk$	2 $x, \text{ м}$	3 $y, \text{ м}$	4 $x', \text{ м}$	5 $y', \text{ м}$	6 $t', \text{ рад}$	7 $t, \text{ рад}$	8 $s, \text{ м}$	9 $x'', \text{ м}$	10 $y'', \text{ м}$	11 $r_x, \text{ м}$	12 $r_y, \text{ м}$
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
					$t'_{1,1} = 1,048\ 906$						
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
					$t'_{3,2} = 3,048865$	$-1,999960 = \varphi_{3,2}$					

Окончание таблицы В.1

1 <i>ijk</i>	2 <i>x, м</i>	3 <i>y, м</i>	4 <i>x', м</i>	5 <i>y', м</i>	6 <i>t', рад</i>	7 <i>t, рад</i>	8 <i>s, м</i>	9 <i>x'', м</i>	10 <i>y'', м</i>	11 <i>r<sub>x</sub>, м</i>	12 <i>r<sub>y</sub>, м</i>
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
				$t'_{3,3} = 2,048919$	$-1,000013 = \varphi_{3,3}$						
								$\bar{x}''$	$\bar{y}''$		
								-0,0056	63,9996		
								55,0007	31,9992		

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

Условия измерений:

Наблюдатель:

Погода:

Атмосферное давление:

Прибор, тип и номер:

Дата:

С. Миллер

солнечно, 12 °С

976 гПа

№№хххх 630401

2001-03-12

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

$$v_{XY} = 24;$$

### 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  $t_{i,j,k}$  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

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

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

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

### В.3 Измерения координаты z

Таблица В.2 содержит координаты z в столбце 4.

Т а б л и ц а В.2 — Измерения и остатки (V)

1 <i>i</i>	2 <i>j</i>	3 <i>k</i>	4 <i>z<sub>i,j,k</sub>, м</i>	5 <i>z<sub>2</sub></i>	6 <i>z<sub>2</sub></i>	7 <i>δ</i>	8 2,6632 м	9 5,7128 м	10 0,0492 м	11 <i>r<sub>i,j,k</sub>, м</i>
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

Окончание таблицы В.2

1 <i>i</i>	2 <i>j</i>	3 <i>k</i>	4 $z_{i,j,k}$ м	5 $z_2$	6 $z_2$	7 $\delta$	8 2,6632 м	9 5,7128 м	10 0,0492 м	11 $r_{i,j,k}$ м
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	$\sum r_V^2 = 2,156 \cdot 10^{-4}$ $s_{\text{ISO-TACH-V}} = 0,0038$ $\nu_V = 15$				
Условия измерения:			Наблюдатель:		С. Миллер					
			Погода:		солнечно, 12 °С					
			Атмосферное давление		976 гПа					
			Номер прибора		№№ xxx 630401					
			Дата: 2001—03—12							

#### В.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 В.2. Складывают произведения чисел в столбце 4 таблицы В.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.

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

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

$$r_{1,2,3} = 1 \cdot 2,6632 - 1 \cdot 5,7128 - 1 \cdot 0,0492 - (3,097) \text{ м} = -0,0018 \text{ м.}$$

По формуле (25) рассчитывают

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

и по формуле (27) получают

$$s_{\text{ISO-TACH-Z}} = 0,0038 \text{ м.}$$

#### В.5 Статистические испытания

##### В.5.1 Статистическое испытание согласно вопросу а)

Критерий для  $x$  и  $y$

$$\sigma = 5,0 \text{ мм;}$$

$$s_{\text{ISO-TACH-XY}} = 4,2 \text{ мм;}$$

$$\nu_{XY} = 24;$$

$$4,2 \text{ мм} \leq 5,0 \text{ мм} \cdot 1,23;$$

$$4,2 \text{ мм} \leq 6,2 \text{ мм.}$$

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  $z$

$$\sigma = 5,0 \text{ мм;}$$

$$s_{\text{ISO-TACH-Z}} = 3,8 \text{ мм;}$$

$$\nu_Z = 15;$$

$$3,8 \text{ мм} \leq 5,0 \text{ мм} \cdot 1,29;$$

3,8 мм ≤ 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 %.

**В.5.2 Статистическое испытание согласно вопросу b)**

Критерий для  $x$  и  $y$

$s = 4,2$  мм;

$\tilde{s} = 4,8$  мм;

$v_{XY} = 24$ ;

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

$$0,44 \leq 0,77 \leq 2,27.$$

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;

$v_{XY} = 15$ ;

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

$$0,35 \leq 0,53 \leq 2,86.$$

Поскольку выполнено вышеуказанное условие, нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальные стандартные (среднеквадратические) отклонения  $s = 3,8$  мм и  $\tilde{s} = 5,2$  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**

Т а б л и ц а ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ISO 3534-1:2006	—	*
ISO 4463-1:1989	—	*
ISO 7077:1981	—	*
ISO 7078:1985	—	*
ISO 9849:2000	—	*
ISO 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»
<p>* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.</p> <p>П р и м е ч а н и е — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта:</p> <p>- IDT — идентичный стандарт.</p>		

УДК 528.5.528.02:006.354

ОКС 17.180.30

Ключевые слова: геодезия, геодезические измерения, испытания геодезических приборов

---

Редактор *Л.В. Коретникова*  
Технический редактор *В.Н. Прусакова*  
Корректор *Л.С. Лысенко*  
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 19.03.2019. Подписано в печать 12.04.2019. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Гарнитура Ариал.  
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,51.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

---

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.  
[www.gostinfo.ru](http://www.gostinfo.ru) [info@gostinfo.ru](mailto:info@gostinfo.ru)