ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 17123-3— 2011

Государственная система обеспечения единства измерений

ОПТИКА И ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов

Часть 3

Теодолиты

ISO 17123-3:2001
Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 3: Theodolites (IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2013

Предисловие

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

Сведения о стандарте

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

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

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 сентября 2011 г. № 323-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 17123-3:2001 «Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 3. Теодолиты» (ISO 17123-3:2001 «Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 3: Theodolites»).

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 и определения 1
4 Общие положения 2
4.1 Требования 2
4.2 Методика 1. Упрощенная методика испытаний 2
4.3 Методика 2. Полная методика испытаний 2
5 Измерение горизонтальных углов 3
5.1 Конфигурация испытательного поля 3
5.2 Измерения 3
5.3 Расчет 4
5.4 Статистические испытания 6
6 Измерение вертикальных углов 7
6.1 Конфигурация испытательного поля 7
6.2 Измерения 7
6.3 Расчет 7
6.4 Статистические испытания 9
Приложение А (справочное) Пример упрощенной методики испытания (горизонтальные углы) 11
Приложение В (справочное) Пример полной методики испытания (горизонтальные углы) 13
Приложение С (справочное) Пример обеих методик испытания (вертикальные углы) 15
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации 18

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 настоящего стандарта могут составлять предмет патентных прав. ИСО не должна нести ответственность за идентификацию этих патентных прав.

Международный стандарт ИСО 17123-3 разработан Техническим комитетом ИСО/ТК 172 «Оптика и оптические приборы», подкомитетом ПК 6 «Геодезические и топографические приборы».

Первое издание стандарта ИСО 17123-3 отменяет и заменяет ИСО 8322-4:1991 и ISO 12857-2:1997, которые прошли технический пересмотр.

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

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

Приложения А, В и С настоящего стандарта приведены только для информации.

Введение к международному стандарту ИСО 17123

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

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

Данные полевые методики разработаны специально для применения *in situ* без потребности в специальном вспомогательном оборудовании и с целью 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 3

Теодолиты

State system for ensuring the uniformity of measurements. Optics and optical instruments. Field procedures for testing geodetic and surveying instruments. Part 3. Theodolites

Дата введения — 2013—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методики полевых испытаний, которые необходимо принять при определении и оценке прецизионности (повторяемости) теодолитов и вспомогательного оборудования, используемых в строительстве и геодезии. Эти испытания в первую очередь предназначены для полевых поверок на пригодность конкретного теодолита для решения текущей задачи 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—81 Методы измерения в строительстве. Общие принципы и методы контроля соблюдения размеров

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

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

ИСО 17123-1—2002 Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 1. Теория

GUM Руководство по выражению неопределенности в измерении

VIM Международный словарь основных и общих терминов в области метрологии

3 Термины и определения

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

Издание официальное

4 Общие положения

4.1 Требования

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

Теодолит и его вспомогательное оборудование должны быть настроены в соответствии с инструкциями изготовителя и использованы со штативами в соответствии с рекомендациями изготовителя.

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

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

Значение прецизионности теодолитов выражают в пересчете на экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение (среднеквадратическая погрешность) горизонтального угла (HZ), наблюдаемое за один прием в двух позициях лимба зрительной трубы, или вертикального угла (V), наблюдаемое за один прием в обеих позициях лимба зрительной трубы.

В настоящем стандарте (разделы 5 и 6) приведены две методики испытаний в полевых условиях. Оператор должен выбрать методику, которая наиболее соответствует конкретным требованиям проекта.

4.2 Методика 1. Упрощенная методика испытаний

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

Упрощенная методика обычно предназначена для проверки, насколько используемый критерий прецизионности измерительного оборудования с работающим на нем оператором пригоден для выполнения измерения по заданному критерию требуемой прецизионности.

Упрощенная методика основана на ограниченном числе измерений. Поэтому только рассчитанное экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение может указывать порядок критерия прецизионности, достижимой при обычном пользовании. Если требуется более точная оценка измерительного прибора и его вспомогательного оборудования в полевых условиях, рекомендуется выполнять более строгую полную методику испытания. Статистические испытания на основе упрощенной методики не предлагаются.

4.3 Методика 2. Полная методика испытаний

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

Полная методика испытаний предназначена для определения экспериментального стандартного (среднеквадратического) отклонения горизонтального или вертикального угла, наблюдаемого за один прием в обеих позициях лимба зрительной трубы:

$$s_{ISO\text{-}THEO\text{-}HZ} \text{ и } s_{ISO\text{-}THEO\text{-}V}.$$

Полную методику используют для определения:

- критерия прецизионности в эксплуатации теодолитов отдельной изыскательной 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 теодолитов, чтобы облегчить сравнение их соответствующих прецизионностей, достижимых в одинаковых 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 и равна ли ошибка показателя высоты δ нулю или осталась неизменной (см. 5.4 и 6.4).

5 Измерение горизонтальных углов

5.1 Конфигурация испытательного поля

Фиксированные визирные цели (четыре визирные марки t для упрощенной методики измерения и пять — для полной методики) должны быть установлены примерно в одной горизонтальной плоскости на расстоянии от 100 до 250 м друг от друга и расположены, по возможности, с равномерными интервалами по горизонту. Визирные цели должны использоваться такие, чтобы их можно было наблюдать безошибочно, предпочтительно это должны быть цели нивелирной рейки.

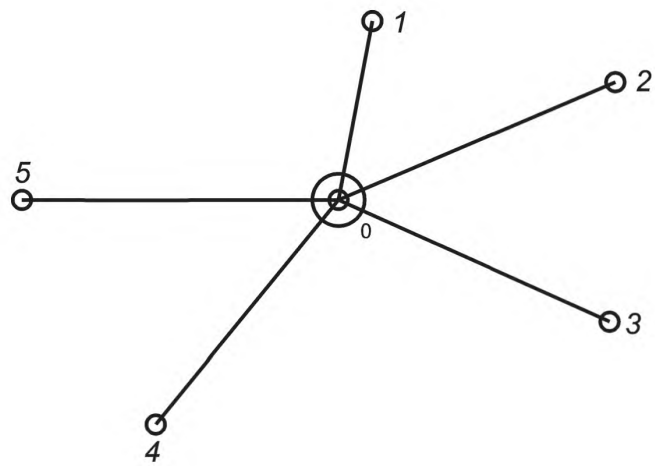

Рисунок 1 — Конфигурация для измерения горизонтальных углов

5.2 Измерения

Для упрощенной методики число серий измерений m, которые необходимо выполнить, равно 1.

Для полной методики число серий измерений $m = 4$, и измерения проводят в различных, но не экстремальных погодных условиях.

Каждая i-я серия измерений должна включать $n = 3$ приемов измерений (j) углов для $t = 4$ или $t = 5$ визирных марок измеряемых углов (k).

Для полной методики испытаний при настройке теодолита на различные серии измерений особое внимание необходимо уделить центрированию в точке на местности. Достижимая точность центрирования, выраженная в пересчете на экспериментальные стандартные (среднеквадратические) отклонения, следующая:

- механический отвес: 1—2 мм (хуже в ветреную погоду);
- оптический или лазерный центрир: 0,5 мм (настройку проверяют в соответствии с инструкциями изготовителя);
- центрирующая рейка: 1 мм.

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

Визирные марки должны быть видны в каждом приеме в позиции I лимба зрительной трубы в последовательности по часовой стрелке и в позиции II лимба зрительной трубы в последовательности против часовой стрелки. Градуированный круг необходимо поворачивать на 60° (67 гон) после каждого приема измере-

ния. Если физическое вращение градуированного круга невозможно, как например в электронных теодолитах, нижнюю часть теодолита можно повернуть приблизительно на 120° (133 гон) на треноге.

5.3 Расчет

5.3.1 Упрощенная методика измерений

Результаты измерений оценивают по методу наименьших квадратов. Один горизонтальный угол обозначают с помощью $x_{j,k,\mathrm{I}}$ или $x_{j,k,\mathrm{II}}$, индекс j является номером приема измерения, а индекс k — номером измеряемого угла. Цифры I и II указывают позицию лимба зрительной трубы.

Рассчитывают средние значения показаний в двух позициях I и II лимба зрительной трубы

$$x_{j,k} = \frac{x_{j,k,\mathrm{I}} + x_{j,k,\mathrm{II}} \pm 180^\circ}{2} = \left(\frac{x_{j,k,\mathrm{I}} + x_{j,k,\mathrm{II}} \pm 200 \text{ гон}}{2} \right); \; j = 1, 2, 3; \; k = 1,\ldots,4. \tag{1}$$

Вычитание горизонтального угла №1 приводит к следующему:

$$x'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1}; \; j = 1, 2, 3; \; k = 1,\ldots,4. \tag{2}$$

Средние значения углов, исходя из $n = 3$ приема измерений угла № k

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; \quad k = 1,\ldots,4. \tag{3}$$

По разностям

$$d_{j,k} = \bar{x}_k - x'_{j,k}; \quad j = 1, 2, 3; \; k = 1,\ldots,4. \tag{4}$$

Для каждого числа приемов среднее арифметическое значений

$$\bar{d}_j = \frac{d'_{j,1} + d'_{j,2} + d'_{j,3} + d'_{j,4}}{4}; \quad j = 1, 2, 3, \tag{5}$$

откуда получают остатки

$$r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j; \quad j = 1, 2, 3; \; k = 1,\ldots,4. \tag{6}$$

За исключением погрешностей при округлении, каждый набор приемов измерения должен удовлетворять следующему условию:

$$\sum_{k=1}^{4} r_{j,k} = 0; \quad j = 1, 2, 3. \tag{7}$$

Сумма квадратов остатков равна

$$\sum r^2 = \sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{4} r_{j,k}^2. \tag{8}$$

Для $n = 3$ числа приемов для $t = 4$ визирных марок (измеренных углов) число степеней свободы равно

$$\nu = (3–1) \cdot (4–1) = 6 \tag{9}$$

и экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение s угла $x_{j,k}$, измеренного за один прием, наблюдаемый в двух позициях лимба зрительной трубы, составит

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{\nu}} = \sqrt{\frac{\sum r^2}{6}}. \tag{10}$$

5.3.2 Полная методика испытания

Оценка измеренных значений представляет собой обработку уравнений по наблюдениям. В пределах i-й серии измерений один горизонтальный угол обозначают $x_{j,k,\mathrm{I}}$ или $x_{j,k,\mathrm{II}}$ индекс j является номером приема

измерения, а индекс k номером угла (визирной марки). Цифры I и II указывают позицию лимба зрительной трубы. Каждую из $m = 4$ серий измерений оценивают по отдельности.

Сначала определяют средние значения

$$x_{j,k} = \frac{x_{j,k,\mathrm{I}} + x_{j,k,\mathrm{II}} \pm 180^\circ}{2} = \frac{x_{j,k,\mathrm{I}} + x_{j,k,\mathrm{II}} \pm 200 \text{ гон}}{2}; \; j = 1, 2, 3; \; k = 1,...,5 \tag{11}$$

показаний в двух позициях I и II лимба зрительной трубы. Вычитание угла № 1 приводит к следующему:

$$x'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1}; \; j = 1, 2, 3; \; k = 1,...,5. \tag{12}$$

Среднее значения углов, исходя из $n = 3$ приема измерений угла № k:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3}; \quad k = 1,...,5. \tag{13}$$

По разностям

$$d_{j,k} = \bar{x}_k - x'_{j,k}; \quad j = 1, 2, 3; \; k = 1,...,5 \tag{14}$$

для каждого набора измерений среднее арифметическое значение

$$\bar{d}_j = \frac{d'_{j,1} + d'_{j,2} + d'_{j,3} + d'_{j,4} + d'_{j,5}}{5}; \quad j = 1, 2, 3, \tag{15}$$

откуда получают остатки

$$r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j; \quad j = 1, 2, 3; \; k = 1,...,5. \tag{16}$$

За исключением погрешностей при округлении, каждый набор приемов измерений должен удовлетворять следующему условию:

$$\sum_{k=1}^{5} r_{j,k} = 0; \quad j = 1, 2, 3. \tag{17}$$

Сумма квадратов остатков i-й серии измерений равна

$$\sum r_i^2 = \sum_{j=1}^{3} \sum_{k=1}^{5} r_{j,k}^2. \tag{18}$$

Для $n = 3$ приема измерений для $t = 5$ визирных марок (измеряемых углов) для каждой серии число степеней свободы равно

$$\nu_i = (3–1) \cdot (5–1) = 8 \tag{19}$$

и экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение s угла $x_{j,k}$, взятое в одном наборе приемов, наблюдаемом в двух позициях лимба зрительной трубы, достоверное для i-й серии измерений составит

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{\nu_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}}. \tag{20}$$

Экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение s горизонтального угла, наблюдаемого в одном приеме (среднеарифметическое показаний в двух позициях зрительной трубы) согласно настоящему стандарту, рассчитанное по всем $m = 4$ сериям измерений при числе степеней свободы

$$\nu = 4\nu_i = 32; \tag{21}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4} \sum r_i^2}{\nu}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4} \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4} s_i^2}{4}}; \quad (22)$$

$$s_{ISO\text{-}THEO\text{-}HZ} = s. \quad (23)$$

5.4 Статистические испытания

5.4.1 Общие положения

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

- экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение s горизонтального угла, наблюдаемого за один прием в двух позициях лимба зрительной трубы.

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

Для следующих испытаний уровень доверия $1 - \alpha = 0{,}95$ и согласно предназначению измерений предполагается, что число степеней свободы $\nu = 32$.

Таблица 1 — Статистические испытания

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

5.4.2 Вопрос a)

Нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение s горизонтального направления, наблюдаемого в обеих позициях, меньше или равно теоретическому или предварительно определенному значению σ, не опровергают, если выполнено следующее условие:

$$s \le \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(\nu)}{\nu}}; \quad (24)$$

$$s \le \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(32)}{32}}; \quad (25)$$

$$\chi^2_{0,95}(32) = 46{,}19; \quad (26)$$

$$s \le \sigma \cdot \sqrt{\frac{46{,}19}{32}}; \quad (27)$$

$$s \le \sigma \cdot 1{,}20. \quad (28)$$

В противном случае нуль-гипотезу отвергают.

5.4.3 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 опровергают, если выполнено следующее условие:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu,\nu)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{1-\alpha/2}(\nu,\nu); \quad (29)$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(32,32)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{0,975}(32,32); \quad (30)$$

$$F_{0,975}(32,32) = 2,02; \quad (31)$$

$$0,49 \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le 2,02. \quad (32)$$

В противном случае нуль-гипотезу отвергают.

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

6 Измерение вертикальных углов

6.1 Конфигурация испытательного поля

Теодолит устанавливают на расстоянии примерно 50 м от высокого здания. В этом здании необходимо выбрать или установить четко определенные точки (детали окон, углы кирпичей, детали антенн и т. д.) или визирные марки, которые фиксируют на стене, так чтобы охватить диапазон вертикального угла, равного примерно 30° (см. рисунок 2).

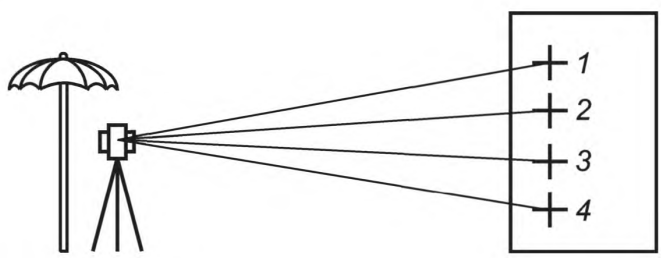

Рисунок 2 — Конфигурация для измерения вертикальных углов

6.2 Измерения

Перед проведением измерений теодолит выдерживают в окружающей среде. На это требуется около 2 мин на каждый градус Цельсия разности температур теодолита и окружающей среды.

Для упрощенной методики измерений выполняют $m = 1$ серию измерений вертикального угла $x_{j,k}$, которая состоит из $n = 3$ приемов измерения (j') измеряемых углов для $t = 4$ визирных марок (k).

Для полной методики измерений $m = 4$ серии измерений (i) выполняют в различных, но не экстремальных погодных условиях. Каждая серия (i-я) измерений включает $n = 3$ приемов измерения (j) углов для $t = 4$ визирных марок (k). $t = 4$ визирные марки (измеряемых углов) должны быть видны в каждом из $n = 3$ приемов в позиции I лимба зрительной трубы в последовательности от визирной марки № 1 до марки № 4, и в том же наборе в позиции II лимба зрительной трубы в последовательности от марки № 4 до марки № 1.

6.3 Расчет

Результаты измерений оценивают по методу наименьших квадратов. В рамках i-й серии один вертикальный угол (нормально зенитный угол) обозначают с помощью $x_{j,k,\mathrm{I}}$ или $x_{j,k,\mathrm{II}}$, индекс k — номер измеряемого угла (визирной марки). Цифры I и II указывают позицию лимба зрительной трубы. В полной методике испытаний каждую из $m = 4$ серий измерений оценивают по отдельности.

В первую очередь рассчитывают средние значения

$$x'_{j,k} = \frac{x_{j,k,\mathrm{I}} - x_{j,k,\mathrm{II}} + 360^\circ}{2} = \frac{x_{j,k,\mathrm{I}} - x_{j,k,\mathrm{II}} + 400\ \text{гон}}{2};\ j = 1, 2, 3;\ k = 1,...,4 \tag{33}$$

показаний в двух позициях I и II лимба зрительной трубы. На эти значения не влияет погрешность индекса высоты δ_i. Погрешность индекса высоты δ_i рассчитывают для каждой серии измерений по отдельности (рекомендуется только для полной методики испытания)

$$\delta_i = \frac{1}{nt}\sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{4}\frac{x_{j,k,\mathrm{I}} + x_{j,k,\mathrm{II}} - 360^\circ}{2} = \frac{1}{nt}\sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{4}\frac{x_{j,k,\mathrm{I}} + x_{j,k,\mathrm{II}} - 400\ \text{гон}}{2}, \tag{34}$$

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^{4}\delta_i}{4}.$$

Среднее значение вертикальных углов по $n = 3$ для угла № k равны

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k}}{3};\quad k = 1,...,4. \tag{35}$$

Откуда получают остатки

$$r_{j,k} = x'_{j,k} - \bar{x}_k;\ j = 1, 2, 3;\ k = 1,...,4. \tag{36}$$

За исключением погрешностей при округлении, остатки всех приемов измерения должны удовлетворять следующему условию

$$\sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{4} r_{j,k}^2 = 0. \tag{37}$$

Сумма квадратов остатков i-й серии измерений равна

$$\sum r_i^2 = \sum_{j=1}^{3}\sum_{k=1}^{4} r_{j,k}^2. \tag{38}$$

Для $n = 3$ приемов измерения вертикальных углов для $t = 4$ марки в каждом случае число степеней свободы равно

$$\nu_i = (3 - 1)\cdot 4 = 8 \tag{39}$$

и экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение s_i вертикального угла $x_{j,k}$, взятое в одном наборе приемов, наблюдаемой в двух позициях лимба зрительной трубы, достоверное для i-й серии измерений, составит

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{\nu_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}}. \tag{40}$$

Следующие уравнения (41) и (42) применяют только к упрощенной методике испытаний:

$$\nu = \nu_1; \tag{41}$$

$$s = s_1. \tag{42}$$

Следующие уравнения (43) — (59) применяют только к полной методике испытаний.

Для экспериментального стандартного (среднеквадратического) отклонения s, рассчитанного для всех $m = 4$ серий измерений, число степеней свободы равно

$$\nu = 4\nu_i = 32 \tag{43}$$

и экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение вертикального угла, наблюдаемого в обеих позициях лимба зрительной трубы, рассчитанного для всех $m = 4$ серий измерений, равно

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4} \sum r_i^2}{\nu}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4} \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4} s_i^2}{4}}; \quad (44)$$

$$s_{ISO\text{-}THEO\text{-}V} = s. \quad (45)$$

6.4 Статистические испытания

6.4.1 Общие положения

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

- экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение s вертикального угла, наблюдаемого в двух позициях лимба зрительной трубы;
- погрешность индекса высоты δ (ориентация вертикального круга) и его экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение s_δ.

Чтобы ответить на следующие вопросы (см. таблицу 2):

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 выборок измерений, 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 теодолите разными наблюдателями;
- двух выборок измерений, выполненных на одном и том же теодолите в разное время;
- двух выборок измерений, выполненных на разных теодолитах;

c) будет ли погрешность индекса высоты δ равна нулю?

Для следующих испытаний уровень доверия $1 - \alpha = 0{,}95$ и, согласно предназначению измерений, предполагается, что число степеней свободы $\nu = 32$.

Таблица 2 — Статистические испытания

Вопрос	Нуль-гипотеза	Альтернативная гипотеза
a)	$s \le \sigma$	$s > \sigma$
b)	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \ne \tilde{\sigma}$
c)	$\delta = 0$	$\delta \ne 0$

6.4.2 Вопрос a)

Нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение s вертикального угла, наблюдаемого в двух позициях, меньше или равно теоретическому или предварительно определенному значению σ, не опровергают, если выполнено следующее условие

$$s \le \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(\nu)}{\nu}}; \quad (46)$$

$$s \le \sigma \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(32)}{32}}; \quad (47)$$

$$\chi^2_{0,95}(32) = 46{,}19; \quad (48)$$

$$s \le \sigma \cdot \sqrt{\frac{46{,}19}{32}}\,; \tag{49}$$

$$s \le \sigma \cdot 1{,}20\,. \tag{50}$$

В противном случае нуль-гипотезу отвергают.

6.4.3 Вопрос b)

В случае двух выборок измерений 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 опровергают, если выполнено следующее условие:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu,\nu)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{1-\alpha/2}(\nu,\nu)\,; \tag{51}$$

$$\frac{1}{F_{0{,}975}(32{,}32)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{0{,}975}(32{,}32)\,; \tag{52}$$

$$F_{0{,}975}(32{,}32) = 2{,}02\,; \tag{53}$$

$$0{,}49 \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le 2{,}02\,. \tag{54}$$

В противном случае нуль-гипотезу отвергают.

6.4.4 Вопрос c)

Гипотезу, утверждающую, что погрешность индекса высоты δ равна нулю, не опровергают, если выполнены следующие условия:

$$|\delta| \le s_\delta x t_{1-\alpha/2}(\nu); \tag{55}$$

$$|\delta| \le s_\delta x t_{0{,}975}(32); \tag{56}$$

$$s_\delta = \frac{s}{\sqrt{12}\cdot\sqrt{4}}\,; \tag{57}$$

$$t_{0{,}975}(32) = 2{,}04; \tag{58}$$

$$|\delta| \le \frac{s}{\sqrt{48}} \cdot 2{,}04 \le s \cdot 0{,}3. \tag{59}$$

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 (горизонтальные углы)

А.1 Измерения

Таблица А.1 содержит в столбцах 1—4 измеренные значения $x_{j,k,\mathrm{I}}$ и $x_{j,k,\mathrm{II}}$.

Наблюдатель: С. Миллер
Погода: солнечно, 10 °С
Прибор, тип и номер: №№ xxx 630401
Дата: 1999—04—15

Примечание — Круг прибора разделен на 400 гон (вместо 360°)

Таблица А.1 — Измерения и остатки

1 j	2 k	3 $x_{j,k,\mathrm{I}}$, гон	4 $x_{j,k,\mathrm{II}}$, гон	5 $x_{j,k}$, гон	6 $x'_{j,k}$, гон	7 $\bar{x}_k$, гон	8 $d_{j,k}$, мгон	9 $r_{j,k}$, мгон	10 $r^2_{j,k}$, мгон^2
1	1	310,475	110,470	310,4725	0,0000	0,0000	0,0	0,0	0,00
	2	6,131	206,126	6,1285	95,6560	95,6553	–0,7	–0,7	0,49
	3	130,481	330,477	130,4790	220,0065	220,0058	–0,7	–0,7	0,49
	4	208,878	8,872	208,8750	298,4025	298,4040	1,5	1,5	2,25
	Σ	655,965	655,945	655,9550	614,0650	614,0651	0,1	0,1	3,23
2	1	376,749	176,744	376,7465	0,0000		0,0	–0,5	0,25
	2	72,403	272,398	72,4005	95,6540		1,3	0,8	0,64
	3	196,753	396,749	196,7510	220,0045		1,3	0,8	0,64
	4	275,154	75,148	275,1510	298,4045		–0,5	–1,0	1,00
	Σ	921,059	921,039	921,0490	614,0630		2,1	0,1	2,53
3	1	42,049	242,044	42,0465	0,0000		0,0	0,6	0,36
	2	137,705	337,700	137,7025	95,6560		–0,7	–0,1	0,01
	3	262,056	62,050	262,0530	220,0065		–0,7	–0,1	0,01
	4	340,454	140,449	340,4515	298,4050		–1,0	–0,4	0,16
	Σ	782,264	782,243	782,2535	614,0675		–2,4	0,0	6,30*
* Значения представляют Σr^2.									

А.2 Расчет

Сначала значения $x_{j,k}$ рассчитывают с измерениями $x_{j,k,\mathrm{I}}$ и $x_{j,k,\mathrm{II}}$. В формуле (1) вместо ± 180° подставили ± 200 гон (см. столбец 5 в таблице А.1).

Затем из значений $x_{j,k}$ вычитают измеряемый угол $x_{j,\mathrm{I}}$ № 1. Такие значения $x'_{j,k}$ рассчитывают в соответствии с формулой (2) (см. столбец 6 таблицы А.1).

Столбец 7 таблицы А.1 содержит средние значения $\bar{x}_k$ уменьшенных углов $x'_{j,k}$ [см. формулу (3)].

Разности $d_{j,k}$ получают из значений $\bar{x}_k$ и $x'_{j,k}$ по формуле (4) (см. столбцы 6 — 8 таблицы А.1).

Для каждого набора углов среднее значение $\bar{d}_j$ и $d_{j,k}$ рассчитывают в соответствии с формулой (5) ($\sum_{k=1}^{4} d_{j,k} = 4\bar{d}_j$ см. строки $\sum$, столбец 8 таблицы А.1).

Подставив значения $d_{j,k}$ и $\bar{d}_j$, рассчитывают остатки $r_{j,k}$ по формуле (6) (см. столбец 9 таблицы А.1).

Сумму $\sum r^2 = 6{,}30$ мгон^2 затем рассчитывают со значениями из столбца 10 таблицы А.1 [по формуле (8)].

Экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение измеряемого угла $x_{j,k}$, измеренного в одном наборе измерений в двух позициях лимба I и II зрительной трубы, в соответствии с формулой (10) составляет

$$s = \sqrt{\frac{6{,}30 \text{ мгон}^2}{6}} = 1{,}0 \text{ мгон}.$$

В качестве арифметической проверки для каждого числа приемов измерений (j = 1, 2, 3) суммы в столбцах таблицы А.1 должны соответствовать следующим условиям (за исключением погрешностей при округлении):

- сумма в столбце 3 плюс сумма в столбце 4 должны быть равны удвоенной сумме в столбце 5 $\pm\mu \cdot 200$ гон (μ подходящее целое число)

655,965 + 655,945 = 2 · 655,9550;

921,059 + 921,059 = 2 · 921,9490;

782,264 + 782,264 = 2 · 782,2535;

- сумма в столбце 5 минус учетверенное значение измеряемого угла № 1 должна быть равна сумме в столбце 6 $\pm\mu \cdot 400$ гон (μ — подходящее целое число)

655,955 – 4 · 310,4725 = 614,065 – 3 · 400;

921,049 – 4 · 376,7465 = 614,063 – 3 · 400;

782,2535 – 4 · 42,0465 = 614,0675 + 0 · 400;

- разность между суммой в столбце 7 и суммой в столбце 6 должна быть равна сумме в столбце 8

614,0651 – 614,065 = + 0,0001;

614,0651 – 614,063 = + 0,0021;

614,0651 – 614,0675 = – 0,0024;

- сумма в столбце 9 должна быть равна нулю [см. формулу (7)];

- сумма всех двенадцати значений в столбце 6 должна быть равна утроенной сумме четырех значений в столбце 7

614,065 + 614,063 + 614,0675 ≈ 3 · 614,0651;

- сумма всех двенадцати значений в столбце 8 должна быть равна нулю

0,1 + 2,1 – 2,4 = – 0,2 ≈ 0.

Приложение В
(справочное)

Пример полной методики испытания (горизонтальные углы)

В.1 Измерения

Таблица В.1 содержит в столбцах 1—4 измеренные значения $x_{j,k,\mathrm{I}}$ и $x_{j,k,\mathrm{II}}$ серии измерений № 1 (серии измерений № 2, 3 и 4 не опубликованы в стандарте).

Наблюдатель: С. Миллер
Погода: солнечно, 10 °С
Прибор, тип и номер: №№ xxx 630401
Дата: 1999—04—15

Таблица В.1 — Измерения и остатки серии № 1

1 j	2 k	3 $x_{j,k,\mathrm{I}}$, ° ′ ″	4 $x_{j,k,\mathrm{II}}$, ° ′ ″	5 $x_{j,k}$, ° ′ ″	6 $x'_{j,k}$, ° ′ ″	7 $\bar{x}_k$, ° ′ ″	8 $d_{j,k}$, ″	9 $r_{j,k}$, ″	10 $r^2_{j,k}$, $(″)^2$
1	1	28 12 37	208 12 42	28 12 39,5	0 00 00,0	0 00 00,0	0,0	0,1	0,01
	2	83 50 35	263 50 40	83 50 37,5	55 37 58,0	55 38 00,3	2,3	2,4	5,76
	3	141 45 30	321 45 35	141 45 32,5	113 32 53,0	113 32 50,8	–2,2	–2,1	4,41
	4	219 30 49	39 30 50	219 30 49,5	191 18 10,0	191 18 9,5	–0,5	–0,4	0,16
	5	308 26 31	128 26 33	308 26 32,0	280 13 52,5	280 13 52,5	0,0	0,1	0,01
	Σ	781 46 02	961 46 20	781 46 11,0	640 42 53,5	640 42 53,1	–0,4	0,1	10,35
2	1	87 48 51	267 48 55	87 48 53,0	0 00 00,0		0,0	–1,7	2,89
	2	143 26 52	323 26 51	143 26 51,5	55 37 58,5		1,8	0,1	0,01
	3	201 21 41	21 21 47	201 21 44,0	113 32 51,0		–0,2	–1,9	3,61
	4	279 07 01	99 06 59	279 07 00,0	191 18 07,0		2,5	0,8	0,64
	5	8 02 42	188 02 40	8 02 41,0	280 13 48,0		4,5	2,8	7,84
	Σ	719 47 07	899 47 12	719 47 09,5	640 42 44,5		8,6	0,1	14,99
3	1	147 08 13	327 08 08	147 08 10,5	0 00 00,0		0,0	1,7	2,89
	2	202 46 17	22 46 13	202 46 15,0	55 38 04,5		–4,2	–2,5	6,25
	3	260 41 01	80 40 57	260 40 59,0	113 32 48,5		2,3	4,0	16,00
	4	338 26 24	158 26 20	338 26 22,0	191 18 11,5		–2,0	–0,3	0,09
	5	67 22 07	247 22 08	67 22 07,5	280 13 57,0		–4,5	–2,8	7,84
	Σ	1016 24 02	836 23 46	1016 23 54,0	640 43 01,5		–8,4	0,1	33,07 58,41*

* Значение представляет $\sum r_1^2$.

В.2 Расчет

Сначала значения $x_{j,k}$ рассчитывают с измерениями $x_{j,k,\mathrm{I}}$ и $x_{j,k,\mathrm{II}}$ согласно формулы (11) (см. столбец 5 таблицы В.1).

Затем значения $x_{j,k}$ уменьшают на измеряемый угол $x_{j,\mathrm{I}}$ (марки № 1). Такие значения $x_{j,k}'$ рассчитывают в соответствии с формулой (12) (см. столбец 6 таблицы В.1).

Столбец 7 таблицы В.1 содержит средние значения $\bar{x}'_k$ уменьшенных углов $x_{j,k}$ [см. формулу (13)].

Разности $d_{j,k}$ получают из значений $\bar{x}'_k$ и $x'_{j,k}$ по формуле (14) (см. столбцы 6 — 8 таблицы В.1).

Для каждого набора измеряемых углов среднее значение $\bar{d}_j$ и d_{jk} рассчитывают в соответствии с формулой (15) [$\sum_{k=1}^{5} d_{j,k} = 5\bar{d}_j$, см. строки $\sum$, столбец 8 таблицы В.1].

Подставив значения $d_{j,k}$ и $\bar{d}_j$, рассчитывают остатки $r_{j,k}$ по формуле (16) (см. столбец 9 таблицы А.1).

Сумму $\sum r_1^2 = 58{,}41\ (")^2$ затем рассчитывают со значениями из столбца 10 таблицы В.1 [по формуле (18)].

Экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение угла $x_{j,k}$, измеренного в одном наборе измерений в двух позициях I и II лимба зрительной трубы, достоверное для серии измерений № 1, в соответствии с формулой (20) составляет

$$s_1 = \sqrt{\frac{58{,}41\ (")^2}{8}} = 2{,}7".$$

В качестве арифметической проверки для каждого числа приемов измерения (j = 1, 2, 3) суммы в столбцах таблицы В.1 должны соответствовать следующим условиям (за исключением погрешностей при округлении):

- сумма в столбце 3 плюс сумма в столбце 4 должны быть равны удвоенной сумме в столбце $5 \pm \mu \cdot 180°$ (μ — подходящее целое число)

781°46'02" + 961°46'20" = 2·(781°46'11") + 1·180°;

719°47'07" + 889°47'12" = 2·(719°47'9,5") + 1·180°;

1016°24'02" + 836°23'46" = 2·(1016°23'54") – 1·180°;

- сумма в столбце 5 минус пятикратное значение измеряемого угла № 1 должна быть равна сумме в столбце $5 \pm \mu \cdot 360°$ (μ — подходящее целое число)

2,2" ≤ 2" ·1,20 ≤ 2,4.

Поскольку выполнено вышеуказанное условие, нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение s = 2,2" меньше или равно значению от изготовителя σ = 2", не отвергают на доверительном уровне 95 %.

В.3.2 Статистическое испытание согласно вопросу b)

s = 2,2";

$\tilde{s}$ = 1,6";

ν = 32;

$$0{,}49 \le \frac{4{,}84(")^2}{2{,}56(")^2} \le 2{,}02;$$

$0{,}49 \le 1{,}89 \le 2{,}02$.

Поскольку выполнено вышеуказанное условие, нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальные стандартные (среднеквадратические) отклонения s = 2,7" и $\tilde{s}$ = 1,6" принадлежат к одной и той же генеральной совокупности, не отвергают на доверительном уровне 95 %.

Приложение С
(справочное)

Пример обеих методик испытания (вертикальные углы)

С.1 Измерения

Таблица С.1 содержит в столбцах 1—4 измеренные значения вертикальных углов $x_{j,k,\mathrm{I}}$ и $x_{j,k,\mathrm{II}}$ для упрощенной методики испытания и для серии измерений № 1 полной методики испытания (серии измерений № 2, 3 и 4 не опубликованы в стандарте).

Наблюдатель:	С. Миллер
Погода:	солнечно, 10 °С
Прибор, тип и номер:	№№ xxx 630401
Дата:	1999—04—15

Примечание — Круг прибора разделен на 400 гон (вместо 360°).

Таблица С.1 — Измерения и остатки

1 j	2 k	3 $x_{j,k,\mathrm{I}}$, гон	4 $x_{j,k,\mathrm{II}}$, гон	5 $\delta_{j,k}$, мгон	6 $x'_{j,k}$, гон	7 $\bar{x}_k$, гон	8 $r_{j,k}$, мгон	9 $r^2_{j,k}$, мгон^2
1	1	49,3677	350,6326	0,15	49,36755	49,36727	–0,28	0,078
	2	86,3533	313,6467	0,00	86,35330	86,35343	0,13	0,017
	3	101,4169	298,5832	0,05	101,416851	101,41697	0,12	0,014
	4	113,6490	286,3518	0,40	13,64860	113,64862	0,02	0,000
	Σ	350,7869	1249,2143	0,60	350,78630	350,78629	–0,01	0,109
2	1	49,3672	350,6328	0,00	49,36720		0,07	0,005
	2	86,3538	313,6465	0,15	86,35365		–0,22	0,048
	3	101,4169	298,5829	–0,10	101,417001		–0,03	0,001
	4	113,6487	286,3517	0,20	13,64850		0,12	0,014
	Σ	350,7866	1249,2139	0,25	350,78635		–0,06	0,068
3	1	49,3675	350,6334	0,45	49,36705		0,22	0,048
	2	86,3532	313,6465	–0,15	86,35335		0,08	0,006
	3	101,4171	298,5830	0,05	101,417051		–0,08	0,006
	4	113,6490	286,3515	0,25	13,64875		–0,13	0,017
	Σ	350,7868	1249,2144	0,60	350,78620		0,09	0,077 0,254*

* Значения представляют $\sum r^2_1$.

С.2 Расчет

Сначала рассчитывают погрешность на высоте δ_1 (только для полной методики испытаний). В формуле (34) вместо – 360° подставлено – 400 гон.

$$\delta_1 = \frac{0{,}60 + 0{,}25 + 0{,}60}{12}\text{мгон} = 1{,}2\ \text{мгон}.$$

Затем значения $x'_{j,k}$ рассчитывают с исходными измерениями $x_{j,k,\mathrm{I}}$ и $x_{j,k,\mathrm{II}}$. В формуле (33) вместо + 360° подставлено +400 гон (см. столбец 6 таблицы С.1).

Столбец 7 таблицы С.1 содержит средние значения $\bar{x}_k$ и углов $x'_{j,k}$ [см. формулу (35)].

Остатки $r_{j,k}$ представляют собой разности значений $\bar{x}_k$ и углов $x'_{j,k}$, полученные по уравнению (36) (см. столбец 8 таблицы С.1).

Затем сумму $\sum r_i^2 = 0{,}254$ мгон^2 рассчитывают со значениями из столбца 8 или 9 таблицы С.1 [по формуле (38)].

Для упрощенной методики испытаний экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение вертикального угла $x_{j,k}$, измеренного в одном наборе измерений в двух позициях I и II лимба зрительной трубы, в соответствии с формулами (39) и (40) составляет

$$s = \sqrt{\frac{0{,}254 \text{ мгон}^2}{8}} = 0{,}18 \text{ мгон}.$$

Это окончательный результат, полученный в упрощенной методике.

Для полной оценки методики испытания экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение вертикального угла $x_{j,k}$, измеренного в одном наборе измерений в двух позициях I и II лимба зрительной трубы, достоверное для серии измерений № 1, в соответствии с формулами (39) и (40) составляет

$$s_1 = \sqrt{\frac{0{,}254 \text{ мгон}^2}{8}} = 0{,}18 \text{ мгон}.$$

В качестве арифметической проверки для каждого набора вертикальных углов (j = 1, 2, 3) суммы в столбцах таблицы С.1 должны соответствовать следующим условиям (за исключением погрешностей при округлении):

- сумма в столбце 3 плюс сумма в столбце 4 минус 400 гон, умноженные на 4, должны быть равны удвоенной сумме в столбце 5:

350,7869 + 1249,2143 – 4 · 400 = 2 · 0,00060;
350,7866 + 1249,2139 – 4 · 400 = 2 · 0,00025;
350,7868 + 1249,2144 – 4 · 400 = 2 · 0,00060;

- разность между суммой в столбце 3 и суммой в столбце 4 плюс 1600 гон должна быть равна удвоенной сумме в столбце 6:

350,7869 – 1249,2143 + 4 · 400 = 2 · 350,78630;
350,7866 – 1249,2139 + 4 · 400 = 2 · 350,78635;
350,7868 – 1249,2144 + 4 · 400 = 2 · 350,78620;

- разность между суммой в столбце 7 и суммой в столбце 6 должна быть равна сумме в столбце 8:

350,78629 – 350,78630 = – 0,0001;
350,78629 – 350,78635 = – 0,0006;
350,78629 – 350,78620 = 0,0009;

- сумма всех двенадцати значений в столбце 8 должна быть равна нулю.

Результаты четырех серий измерений представляют собой следующее:

s_1 = 0,18 мгон, δ_1 = 0,12 мгон;
s_2 = 0,12 мгон, δ_2 = 0,70 мгон;
s_3 = 0,11 мгон, δ_3 = 0,42 мгон;
s_4 = 0,21 мгон, δ_4 = 0,57 мгон;
δ = 0,46 мгон.

Общее стандартное (среднеквадратическое) отклонение s и число степеней свободы ν рассчитывают по формулам (43), (44) и (45)

$$s = \sqrt{\frac{0{,}103 \text{ мгон}^2}{4}} = 0{,}16 \text{ мгон};$$

ν = 32;

$s_{\text{ISO-THEO-V}}$ = 0,16 мгон.

С.3 Статистические испытания

С.3.1 Статистическое испытание согласно вопросу а)

δ = 0,1 мгон;
s = 0,16 мгон;
ν = 32;
0,16 мгон $\le$ 0,1 мгон · 1,20 $\le$ 0,12 мгон.

Поскольку не выполнено вышеуказанное условие, нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальное стандартное (среднеквадратическое) отклонение s = 0,16 меньше или равно значению от изготовителя σ = 0,1, отвергают на доверительном уровне 95 %.

С.3.2 Статистическое испытание согласно вопросу b)

s = 0,16 мгон;

$\tilde{s}$ = 0,12 мгон;

ν = 32;

$$0{,}49 \le \frac{0{,}0256 \text{ мгон}^2}{0{,}0144 \text{ мгон}^2} \le 2{,}02;$$

$0{,}49 \le 1{,}78 \le 2{,}02$.

Поскольку выполнено вышеуказанное условие, нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальные стандартные (среднеквадратические) отклонения s = 0,16 мгон и $\tilde{s}$ = 0,12 мгон принадлежат к одной и той же генеральной совокупности, не отвергают на доверительном уровне 95 %.

С.3.3 Статистическое испытание согласно вопросу c)

s = 0,16 мгон;

ν = 32;

δ = 0,46 мгон;

s_δ = 0,023 мгон;

0,46 мгон $\le$ 0,023 мгон $\cdot$ 2,04 $\le$ 0,05 мгон.

Поскольку не выполнено вышеуказанное условие, нуль-гипотезу, утверждающую, что погрешность индекса высоты δ равна 0, 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 17.080.30 Т86.10

Ключевые слова: геодезия, геодезические измерения, испытания геодезических приборов

Редактор *О. А. Стояновская*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *Л. Я. Митрофанова*
Компьютерная верстка *Т. Ф. Кузнецовой*

Сдано в набор 27.11.2012. Подписано в печать 16.04.2013. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 1,80. Тираж 108 экз. Зак. 2012.

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