ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 17123-7 — 2011

Государственная система обеспечения единства измерений

ОПТИКА И ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов

Часть 7

Оптические приборы для установки по отвесу

ISO 17123-7:2005
Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 7: Optical plumbing instruments (IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2013

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

Сведения о стандарте

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

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

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 ноября 2011 г. № 534-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 17123-7:2005 «Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 7. Оптические приборы для установки по отвесу» (ISO 17123-7:2005 «Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 7: Optical plumbing instruments»).

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

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (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 Требования 2
5 Типы оптических приборов для установки по отвесу 2
6 Сущность метода испытаний 2
7 Проведение испытаний 3
7.1 Конфигурация испытаний 3
7.2 Измерение 4
7.3 Расчет 4
8 Статистические испытания 7
Приложение А (справочное) Пример методики испытаний 10
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации 14

Предисловие к международному стандарту ИСО 17123

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

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

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

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

Международный стандарт ИСО 17123-7 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 8322-5:1991, который прошел 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).

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 России геодезической аппаратуры. Данные обстоятельства приводят к необходимости разработки методов испытаний, соответствующих современному уровню.

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

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

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

ОПТИКА И ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов

Часть 7

Оптические приборы для установки по отвесу

State system for ensuring the uniformity of measurements. Optics and optical instruments. Field procedures for testing geodetic and surveying instruments. Part 7. Optical plumbing instruments

Дата введения — 2013—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы полевых испытаний, которыми надо пользоваться при определении и оценке прецизионности (повторяемости) оптических приборов для установки по отвесу и вспомогательного оборудования при проведении геодезических измерений в строительстве. Настоящий стандарт неприменим к оптическим центрирам как приспособлениям трегеров или геодезических инструментов. Эти испытания в первую очередь предназначены для полевых поверок на пригодность конкретного прибора 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 при применении настоящего стандарта. В отношении датированных ссылок действительно только указанное издание. В отношении недатированных ссылок действительно последнее издание публикации (включая любые изменения), на которую дается ссылка.

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

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

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

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

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

ИСО 17123-1 — 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 Требования

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

Оптический прибор для установки по отвесу 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). Кроме того, все это применимо к определенному диапазону вертикальных расстояний (высот отвесного проектирования), в котором необходимо выполнить предполагаемую операцию проектирования точек.

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.

Для испытаний, описанных в настоящем стандарте, требуется расчетная прямоугольная *x*-*y* сетка, используемая как визирная цель (визирная марка). Расстояние *t* между штрихами такой сетки должно соответствовать следующему условию:

$$t \geq 2{,}9\,\frac{h}{\Gamma}, \qquad (1)$$

где 2,9 — постоянный коэффициент, позволяющий выполнить хороший расчет в интервале сетки;

h — высота проектирования, выраженная в метрах;

Γ — кратность увеличения зрительной трубы прибора.

Значение *t* получают в миллиметрах.

5 Типы оптических приборов для установки по отвесу

Оптические приборы для установки по отвесу (оптический отвес) подразделяют на следующие типы:

- оптический отвес, в котором используется спиртовой уровень;
- оптический отвес, в котором используется компенсатор углов наклона (одноосный компенсатор);
- оптический отвес, в котором используются два компенсатора (двухосный компенсатор).

Оптический отвес со спиртовым уровнем или одноосным компенсатором обеспечивает положение линии визирования в вертикальной плоскости, перпендикулярной к направлению на точку. Вертикальная линия (отвесного проектирования) является пересечением двух вертикальных взаимно перпендикулярных плоскостей и требует ориентирования и измерений в двух перпендикулярных направлениях на точку.

Оптический отвес с двухосным компенсатором обеспечивает совпадение линии визирования с линией отвесного проектирования в любом направлении. Несмотря на очевидные различия в конструкции приборов, достаточно использовать только один метод испытаний для отвесов различных типов.

У оптических отвесов визирная ось может быть направлена либо только вверх, либо только вниз (односторонние оптические отвесы), либо как вверх, так и вниз (двусторонние отвесы). Метод испытаний во всех случаях один и тот же.

Такой же метод испытаний применим к лазерным отвесам, но для этого требуются отдельные средства наблюдения лазерного пятна на визирной марке.

6 Сущность метода испытаний

Необходимо принять методику испытаний для определения меры прецизионности конкретного оптического отвеса и его вспомогательного оборудования в полевых условиях.

Мера прецизионности оптического отвеса любого типа зависит от высоты проектирования (то есть от высоты оптического устройства отвеса над предметной плоскостью, на которой находится точка центрирования). Доступный критерий прецизионности при использовании оптических отвесов выражают как относительное экспериментальное стандартное отклонение по одной составляющей (то есть по оси *x* или по оси *y*) для точки, перенесенной один раз на соответствующую высоту

$$s_{ISO-plumb}.$$

Данный метод можно использовать для определения:

- меры прецизионности в использовании оптических отвесов одной группой геодезистов с одним прибором и его вспомогательным оборудованием в данный момент времени;
- меры прецизионности в использовании отдельного оптического отвеса в течение длительного времени в окружающих условиях;
- меры прецизионности в использовании каждого из нескольких оптических отвесов, чтобы обеспечить сравнение их относительной достижимой прецизионности, которую можно получить в одинаковых полевых условиях.

Необходимо применить статистические испытания, чтобы определить:

- принадлежит ли полученное экспериментальное стандартное отклонение *s* к совокупности теоретических стандартных отклонений комплекта приборов σ;
- принадлежат ли два испытуемых образца к одной и той же совокупности;
- будет ли стандартное отклонение составляющей по оси *x* равно стандартному отклонению составляющей по оси *y*;
- совпадает ли визирная линия с вертикалью из центра проекции на предметную плоскость.

Эти отклонения визирной линии не влияют на стандартное отклонение, полученное методом испытания, описанным в разделе 7.

Тот же самый метод испытания применяют к лазерным отвесам, но для этого требуется отдельное средство наблюдения лазерного пятна на визирной марке.

7 Проведение испытаний

7.1 Конфигурация испытаний

Прямоугольную пластинку с нанесенными на ее поверхность штрихами в виде сетки *x-y*, описанной в разделе 4, устанавливают (в качестве визирной цели) на высоте, равной высоте отвесного проектирования *h* в предстоящих измерительных работах. На рисунке 1 показан пример сетки *x-y* с шагом 2 мм и нумерацией штрихов, исключающей ошибки в значениях *x* и *y*. Эту градуированную пластинку устанавливают приблизительно по уровню и центрируют относительно вертикали над или под точкой, выше или ниже которой центрирован оптический отвес.

Ориентация штрихов сетки нитей зрительной трубы оптического отвеса должна быть параллельна осям градуированной пластинки в пределах точности установки.

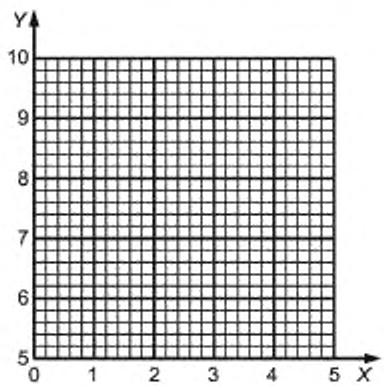


Рисунок 1 — Пример сетки *x-y*

7.2 Измерение

Прежде чем приступить к измерениям, оптический отвес выдерживают в условиях окружающей среды. Требуется примерно 2 мин на градус Цельсия в разности температур оптического отвеса и окружающей среды. Кроме того, проверяют и вводят поправку на коллимационную ошибку перед измерениями в соответствии с инструкциями изготовителя.

Проводят три серии измерений (m = 3 для i =1,..., m). Каждая серия включает n = 10 (для j = 1,..., n) наборов измерений. Между сериями измерений оптический отвес снимают и устанавливают заново. При установке прибора особое внимание необходимо уделить его центрированию.

Любой набор измерений состоит из двух наблюдений $x_{j,\text{I}}$ и $x_{j,\text{II}}$, которые выполняют при положениях зрительной трубы в диаметрально противоположных позициях I и II (например, направление на точку вдоль оси $+x$ и оси $-x$) и двух наблюдений $y_{j,\text{I}}$ и $y_{j,\text{II}}$, при снятии которых зрительную трубу прибора снова располагают в диаметрально противоположных позициях I и II (например, направление на точку вдоль оси $+y$ и оси $-y$).

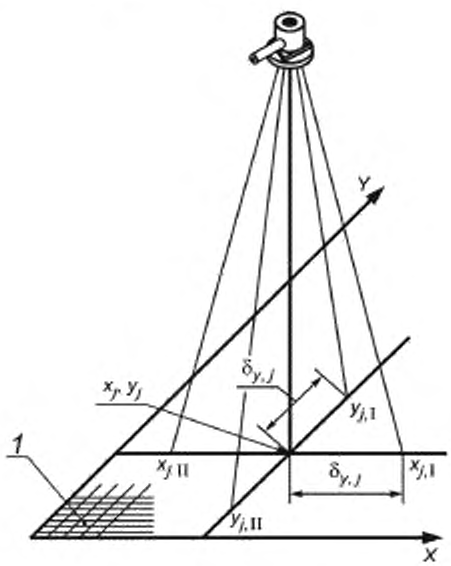
Эти отклонения визирной линии не влияют на стандартное отклонение, полученное методом испытаний, описанным в разделе 7.

Тот же метод испытаний можно применять к лазерным отвесам, но для этого требуется отдельное средство наблюдения лазерного пятна на визирной марке.

7.3 Расчет

Измерения каждой серии оценивают по отдельности. Индекс i для i-й серии добавляют только к символам конечных результатов.

Во-первых, рассчитывают разности показаний $(x_{j,\text{I}} - x_{j,\text{II}})$ и, соответственно, $(y_{j,\text{I}} - y_{j,\text{II}})$ в позициях зрительной трубы I и II, и делят полученные значения на 2. Эти значения δ_{xj}, δ_{yj} являются отклонениями от вертикальной линии проектирования (см. рисунок 2).



1 — пластинка с сеткой штрихов x-y

Рисунок 2 — Пояснение к расчетам

$$\delta_{x_j} = \frac{1}{2}(x_{j,\text{I}} - x_{j,\text{II}});\ j = 1, \ldots, 10; \tag{2}$$

$$\delta_{y_j} = \frac{1}{2}(y_{j,\text{I}} - y_{j,\text{II}});\ j = 1, \ldots, 10. \tag{3}$$

Следующим шагом будет расчет квазинаблюдений x_j и y_j

$$x_j = \frac{1}{2}(x_{j,I} + x_{j,II}); \; j = 1, \ldots, 10; \tag{4}$$

$$y_j = \frac{1}{2}(y_{j,I} + y_{j,II}); \; j = 1, \ldots, 10. \tag{5}$$

где x_j — среднее значение наблюдений $x_{j,I}$ и $x_{j,II}$;

y_j — среднее значение наблюдений $y_{j,I}$ и $y_{j,II}$.

Средние значения квазинаблюдений для всех десяти наборов измерений:

$$\overline{x} = \frac{1}{10}\sum_{j=1}^{10} x_j; \tag{6}$$

$$\overline{y} = \frac{1}{10}\sum_{j=1}^{10} y_j; \tag{7}$$

$$\overline{\delta}_x = \frac{1}{10}\sum_{j=1}^{10} \delta_{x\,j}; \tag{8}$$

$$\overline{\delta}_y = \frac{1}{10}\sum_{j=1}^{10} \delta_{y\,j}. \tag{9}$$

При средних значениях $\overline{x}$ и $\overline{y}$ рассчитывают остатки (разности) для квазинаблюдений $r_{x\,j}$ и $r_{y,j}$

$$r_{x,j} = \overline{x} - x_j; \tag{10}$$

$$r_{y,j} = \overline{y} - y_j. \tag{11}$$

Конечные результаты i-й серии измерений

$$\sum r_{x\,i}^2 = \sum_{j=1}^{10} r_{x,i,j}^2; \tag{12}$$

$$\sum r_{y,i}^2 = \sum_{j=1}^{10} r_{y\,i,j}^2; \tag{13}$$

$$\sum r_i^2 = \sum r_{x,i}^2 + \sum r_{y,i}^2; \tag{14}$$

$$\nu_{x,i} = \nu_{y,i} = 10 - 1 = 9; \tag{15}$$

$$\nu_i = 20 - 2 = 18; \tag{16}$$

$$s_{x,i} = \sqrt{\frac{\sum r_{x,i}^2}{\nu_{x,i}}} = \sqrt{\frac{\sum r_{x,i}^2}{9}}; \tag{17}$$

$$s_{y,i} = \sqrt{\frac{\sum r_{y\,i}^2}{\nu_{y,i}}} = \sqrt{\frac{\sum r_{y,i}^2}{9}}; \tag{18}$$

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{\nu_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{18}}, \quad (19)$$

где $\sum r_{x,i}^2$ — сумма квадратов остатков в направлении x;

$\sum r_{y,i}^2$ — сумма квадратов остатков в направлении y;

$\sum r_i^2$ — общая сумма квадратов остатков;

$\nu_{x,i} = \nu_{y,i}$ — число степеней свободы для составляющих по осям x и y соответственно;

ν_i — число степеней свободы;

$s_{x,i}$ — стандартное отклонение составляющей по оси x перенесенной точки для высоты проектирования h, определенное в двух позициях зрительной трубы;

$s_{y,i}$ — стандартное отклонение составляющей по оси y перенесенной точки для высоты проектирования h, определенное в двух позициях зрительной трубы;

s_i — стандартное отклонение перенесенной точки для высоты проектирования h, определенное в двух позициях зрительной трубы.

Для получения более значимых результатов испытаний дополнительно рассчитывают составляющие по осям x и y экспериментального стандартного отклонения по отдельности (для трех серий измерений)

$$\sum_{i=1}^{3} \nu_{x,i} = \sum_{i=1}^{3} \nu_{y,i} = 27; \quad (20)$$

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum r_{x,1}^2 + \sum r_{x,2}^2 + \sum r_{x,3}^2}{\nu_{x,1} + \nu_{x,2} + \nu_{x,3}}}; \quad (21)$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum r_{y,1}^2 + \sum r_{y,2}^2 + \sum r_{y,3}^2}{\nu_{y,1} + \nu_{y,2} + \nu_{y,3}}}. \quad (22)$$

Общая сумма степеней свободы составляет

$$\nu = \sum_{i=1}^{3} \nu_i = 54 \quad (23)$$

и стандартное отклонение перенесенной точки для высоты проектирования h, определенной один раз в двух позициях зрительной трубы, рассчитывают по измерениям всех серий

$$s = \sqrt{\frac{\sum r_1^2 + \sum r_2^2 + \sum r_3^2}{\nu}}. \quad (24)$$

Мера прецизионности показывает

$$s_{\text{ISO—plumb}} = \frac{s}{h} \text{ [или = } s\,(h)\text{]}. \quad (25)$$

Рассчитанное отклонение визирной линии от вертикали δ можно оценить по квазинаблюдениям $\overline{\delta}_x, \overline{\delta}_y$ каждой серии i:

$$\delta_x = \frac{\sum_{i=1}^{3} \overline{\delta}_{xi}}{3}; \quad (26)$$

$$\delta_y = \frac{\sum_{i=1}^{3} \delta_{yi}}{3}; \quad (27)$$

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2}. \quad (28)$$

Экспериментальное стандартное отклонение δ рассчитывают следующим образом:

$$s_\delta = s\left(\frac{1}{\sqrt{3}\cdot\sqrt{10}}\right). \quad (29)$$

8 Статистические испытания

8.1 Общие положения

Статистические испытания рекомендованы для метода испытаний, установленного в настоящем стандарте.

Для интерпретации результатов, статистические испытания выполняют, используя:

- экспериментальное стандартное отклонение s одной операции отвесного проектирования, выполненной в двух позициях зрительной трубы оптического отвеса;
- отклонение δ визирной линии и его экспериментальное стандартное отклонение s_δ (для оптических отвесов с двухосными компенсаторами δ_x и δ_y рекомендуется исследовать отдельно по их экспериментальным стандартным отклонениям $s_{\delta x}$ и $s_{\delta y}$).

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

a) Будет ли рассчитанное экспериментальное стандартное отклонение s меньше значения σ, установленного изготовителем, или меньше другого предписанного значения σ?

b) Принадлежат ли два экспериментальных стандартных отклонения s и $\bar{s}$, определенные по двум различным измерениям, к одной и той же генеральной совокупности, предполагая, что оба измерения имеют одну и ту же высоту проектирования h и одно число степеней свободы ν?

Экспериментальные стандартные отклонения s и $\bar{s}$ получают из:

1) двух выборок измерений одним и тем же оптическим отвесом, но разными наблюдателями;

2) двух выборок измерений одним и тем же оптическим отвесом в разное время;

3) двух выборок измерений разными оптическими отвесами.

c) Будет ли стандартное отклонение s_x составляющей по оси x равно стандартному отклонению s_y составляющей по оси y результата операции проектирования?

d) Будет ли отклонение δ визирной линии равно нулю?

Для следующих испытаний принимают доверительный уровень $1 - \alpha = 0{,}95$.

Таблица 1 — Статистические испытания

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

8.2 Ответ на вопрос a) в 8.1

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

$$s \le \sigma \sqrt{\frac{\chi_1^2 - \alpha(\nu)}{\nu}}; \quad (30)$$

$$s \le \sigma \sqrt{\frac{\chi_{0.95}^2(54)}{54}}; \quad (31)$$

$$\chi_{0.95}^2(54) = 72{,}15; \quad (32)$$

$$s \le \sigma \sqrt{\frac{72{,}15}{54}}; \quad (33)$$

$$s \le \sigma \cdot 1{,}16. \quad (34)$$

В противном случае нуль-гипотезу отвергают.

8.3 Ответ на вопрос b) в 8.1

В случае двух разных выборок измерений критерий указывает, принадлежат ли экспериментальные стандартные отклонения s и $\tilde{s}$ к одной и той же совокупности. Соответствующую нуль-гипотезу $\sigma = \tilde{\sigma}$ не отвергают, если выполнено следующее условие:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu_1, \nu_2)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{1-\alpha/2}(\nu_1, \nu_2); \quad (35)$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(54,54)} \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le F_{0,975}(54,54); \quad (36)$$

$$F_{0\,975}(54,54) = 1{,}71; \quad (37)$$

$$0{,}58 \le \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \le 1{,}71. \quad (38)$$

В противном случае нуль-гипотезу отвергают.

8.4 Ответ на вопрос c) в 8.1

Нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальные стандартные отклонения s_x и s_y принадлежат к одной и той же совокупности, не отвергают, если выполнено следующее условие:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu_1, \nu_2)} \le \frac{s_x^2}{s_y^2} \le F_{1-\alpha/2}(\nu_1, \nu_2); \quad (39)$$

$$\nu_x = \nu_y = 27; \quad (40)$$

$$\frac{1}{F_{0,975}(27,27)} \le \frac{s_x^2}{s_y^2} \le F_{0,975}(27,27); \quad (41)$$

$$F_{0\,975}(27,27) = 2{,}16; \quad (42)$$

$$0{,}46 \le \frac{s_x^2}{\tilde{s}_y^2} \le 2{,}16. \quad (43)$$

В противном случае нуль-гипотезу отвергают.

8.5 Ответ на вопрос d) в 8.1

Гипотезу совпадения визирной линии с вертикалью (нуль-гипотезу δ) не отвергают, если выполнено следующее условие:

$$|\delta| \le s_{\delta} \cdot t_{1-\alpha/2}(\nu); \quad (44)$$

$$|\delta| \le s_{\delta} \cdot t_{0,975}(54); \quad (45)$$

$$|s_{\delta}| = \frac{s}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{10}}; \quad (46)$$

$$t_{0,975}(54) = 2,00; \quad (47)$$

$$|\delta| \le \frac{s}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{10}} \cdot 2,00; \quad (48)$$

$$|\delta| \le s \cdot 0,37. \quad (49)$$

В противном случае нуль-гипотезу отвергают.

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

Приложение А
(справочное)

Пример методики испытаний

А.1 Измерения

В таблице А.1 приведены (столбцы 2—5) измеренные значения десяти наборов измерений (j) по градуировочной пластинке с сеткой x-y в направлениях x и y в каждой позиции зрительной трубы I и II (измеренные значения $x_{j,\mathrm{I}}$, $y_{j,\mathrm{I}}$, $x_{j,\mathrm{II}}$ и $y_{j,\mathrm{II}}$) первой серии измерений (вторая и третья серии измерений не приведены).

Таблица А.1 — Измерения и остатки (разности)

Показание	Значения, измеренные в позициях зрительной трубы				Отклонения от вертикали		Среднее значение наблюдений		Остатки (разности)			
1 j	2 $x_{j,\mathrm{I}}$, мм	3 $y_{j,\mathrm{I}}$, мм	4 $x_{j,\mathrm{II}}$, мм	5 $y_{j,\mathrm{II}}$, мм	6 $\delta_{x,j}$, мм	7 $\delta_{y,j}$, мм	8 x_j, мм	9 y_j, мм	10 $r_{x,j}$, мм	11 $r_{y,j}$, мм	12 $r^2_{x,j}$, мм^2	13 $r^2_{y,j}$, мм^2
1	36,7	71,8	37,5	72,3	–0,40	–0,25		72,05	0,06	–0,04	0,0036	0,0016
2	36,8	71,8	37,3	72,3	–0,25	–0,25		72,05	0,11	–0,04	0,0121	0,0016
3	36,9	71,8	37,4	72,3	–0,25	–0,25		72,05	0,01	–0,04	0,0001	0,0016
4	36,9	71,8	37,4	72,2	–0,25	–0,20		72,00	0,01	–0,01	0,0001	0,0001
5	36,9	71,8	37,6	72,2	–0,35	–0,20		72,00	–0,09	0,01	0,0081	0,0001
6	36,8	71,7	37,6	72,2	–0,40	–0,25		71,95	–0,04	0,06	0,0016	0,0036
7	36,8	71,8	37,4	72,2	–0,30	–0,20		72,00	0,06	0,01	0,0036	0,0001
8	36,8	71,7	37,8	72,2	–0,50	–0,25		71,95	–0,14	0,06	0,0196	0,0036
9	36,7	71,9	37,3	72,2	–0,30	–0,15	37,00	72,05	0,16	–0,04	0,0256	0,0016
10	36,9	71,8	37,6	72,2	–0,35	–0,20	37,25	72,00	–0,09	0,01	0,0081	0,0001
Σ	368,2	717,9	374,9	722,3	–3,35	–2,20	371,55	720,10	0,05	0,00	0,0825	0,0140

Условия измерений:	
Серия	i = 1
Наблюдатель	С. Миллер
Погода	облачно, 10 °С
Тип и номер прибора	№№ xxx 630401
Кратность увеличения	Γ = 31,5
Высота проектирования	10,1 м
Интервал расчетной сетки	1 мм
Дата	1999—04—15

А.2 Расчеты

Вычисляют разности δ_{xj} и δ_{yj} по формулам (2) и (3) (см. столбцы 6 и 7 таблицы А.1) и рассчитывают результаты квазинаблюдений x_j и y_j по формулам (4) и (5) (см. столбцы 8 и 9 таблицы А.1). По суммам каждого набора из 10 наблюдений (см. последние строки в столбцах 2 — 9 таблицы А.1) рассчитывают средние значения первых серий наблюдений согласно уравнениям (6) — (9):

$\sum_{j=1}^{10} x_j$ = 371,55 мм, $\overline{x}$ = 37,16 мм;

$\sum_{j=1}^{10} y_j$ = 720,10 мм, $\overline{y}$ = 72,01 мм;

$\sum_{j=1}^{10} \delta_{x\,j}$ = –3,35 мм, $\overline{\delta x} = -0{,}34$ мм;

$\sum_{j=1}^{10} \delta_{y\,j}$ = –2,20 мм, $\overline{\delta y} = -0{,}22$ мм.

Используя средние значения $\overline{x}$ и $\overline{y}$ рассчитывают остатки (разности) $r_{x,j}$ и $r_{y,j}$ по формулам (10) и (11) и их квадраты (см. столбцы 10 — 13 таблицы А.1), а затем результаты первой серии измерений по формулам (12) — (14):

$\sum r_{x,1}^2$ = 0,0825 мм^2;

$\sum r_{y,1}^2$ = 0,0140 мм^2;

$\sum r_1^2$ = 0,0965 мм^2.

Соответствующие стандартные отклонения $s_{x\,1}$, $s_{y\,1}$ и s_1 первой серии измерений рассчитывают по формулам (17) — (19), со степенями свободы по формулам (15) и (16):

$$s_{x,1} = \sqrt{\frac{0{,}0825\ \text{мм}^2}{9}} = 0{,}10\ \text{мм};$$

$$s_{y,1} = \sqrt{\frac{0{,}0140\ \text{мм}^2}{9}} = 0{,}04\ \text{мм};$$

$$s_1 = \sqrt{\frac{0{,}0965\ \text{мм}^2}{18}} = 0{,}07\ \text{мм}.$$

Конечные результаты для серий 2 и 3

$\sum x_{2,2}$ = 0,0372 мм^2;

$\sum y_{2,2}$ = 0,0836 мм^2;

$\sum x_{2,3}$ = 0,0200 мм^2;

$\sum y_{2,3}$ = 0,0292 мм^2;

$s_{x,\,2}$ = 0,06 мм;

$s_{y,\,2}$ = 0,10 мм;

s_2 = 0,08 мм;

$s_{x,\,3}$ = 0,05 мм;

$s_{y,\,3}$ = 0,06 мм;

s_3 = 0,05 мм;

$\overline{\delta x}_2$ = –0,40 мм;

$\overline{\delta y}_2$ = –0,30 мм;

$\overline{\delta x}_3 = -0{,}44$ мм;

$\overline{\delta y}_3 = -0{,}24$ мм.

При общей сумме степеней свободы, равной 54, согласно формуле (23) экспериментальное стандартное отклонение s рассчитывают по формуле (24)

$$s = \sqrt{\frac{0{,}0965\ \text{мм}^2 + 0{,}1208\ \text{мм}^2 + 0{,}0492\ \text{мм}^2}{54}} = 0{,}07\ \text{мм}.$$

Экспериментальное стандартное отклонение $s_{\text{ISO—plumb}}$ определяют по формуле (25)

$$s_{\text{ISO—plumb}} = \frac{s}{h} = 1{:}\ \frac{h}{s} = 1{:}\ 144286 \approx 1{:}140000.$$

Далее параметры из всех серий измерений, выведенные по всем сериям измерений, рассчитывают по формулам (26) и (27)

$$\delta_x = \frac{-0{,}34\ \text{мм} - 0{,}40\ \text{мм} - 0{,}44\ \text{мм}}{3} = -0{,}39\ \text{мм};$$

$$\delta_y = \frac{-0{,}22\ \text{мм} - 0{,}30\ \text{мм} - 0{,}24\ \text{мм}}{3} = -0{,}25\ \text{мм}$$

и согласно формуле (28)

$\delta = 0{,}46$ мм.

Экспериментальное стандартное отклонение δ рассчитывают по формуле (29)

$$s_\delta = s\left(\frac{1}{\sqrt{2}\cdot\sqrt{10}}\right) = 0{,}01\ \text{мм}.$$

А.3 Статистические испытания

А.3.1 Статистический критерий в соответствии с вопросом a) в 8.1

$\sigma = 1{:}100000 = 0{,}0000100$;

$s_{\text{ISO-plumb}} = 1{:}140\,000 = 0{,}000\,0071$;

$\nu = 54$;

$0{,}000\,0071 \le 0{,}0000100 \cdot 1{,}16$;

$0{,}000\,0071 \le 0{,}0000116$.

Поскольку вышеуказанное условие выполнено, нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальные стандартные отклонения s_x и s_y принадлежат к одной и той же совокупности, не отвергают на доверительном уровне 95 %.

А.3.2 Статистический критерий в соответствии с вопросом b) в 8.1

$s = 0{,}0000071$;

$\tilde{s} = 0{,}0000060$ (допущение);

$\nu = 54$;

$$0{,}58 \le \frac{5{,}0 \cdot 10^{-11}}{3{,}6 \cdot 10^{-11}} \le 1{,}71;$$

$0{,}58 \le 1{,}39 \le 1{,}71$.

Поскольку вышеуказанное условие выполнено, нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальные стандартные отклонения s и $\tilde{s}$ принадлежат к одной и той же совокупности, не отвергают на доверительном уровне 95 %.

А.3.3 Статистический критерий в соответствии с вопросом c) в 8.1

s_x = 0,072 мм;

s_y = 0,068 мм;

$\nu_x = \nu_y = 27$;

$$0,46 \le \frac{0,0052}{0,0046} \le 2,16;$$

$0,46 \le 1,12 \le 2,16$.

Поскольку вышеуказанное условие выполнено, нуль-гипотезу, утверждающую, что экспериментальные стандартные отклонения s_x и s_y принадлежат к одной и той же совокупности, не отвергают на доверительном уровне 95 %.

А.3.4 Статистический критерий в соответствии с вопросом d) в 8.1

s = 0,07 мм;

δ = 0,46 мм;

s_δ = 0,01 мм;

ν = 54;

0,46 мм $\le$ 0,01 мм · 2,00;

0,46 мм $\le$ 0,02 мм.

Поскольку вышеуказанное условие не выполнено, нуль-гипотезу, утверждающую, что отклонение δ визирной линии равно нулю, отвергают на доверительном уровне 95 %, т. е. оптический отвес необходимо поверить.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

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

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

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичный стандарт;
- MOD — модифицированный стандарт.

УДК 528.5, 528.02:006.354 ОКС 17.180.30 Т86.10

Ключевые слова: геодезия, геодезические измерения, испытания геодезических приборов

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

Сдано в набор 04.12.2012. Подписано в печать 09.04.2013. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,65. Тираж 98 экз. Зак. 2011.

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

gost.e-ecolog.ru