ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 58941— 2020

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Правила выполнения измерений. Общие положения

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений — ЦНИИПромзданий» (АО «ЦНИИПромзданий»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 июля 2020 г. № 424-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*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 (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2020

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, определения и обозначения . . . 2
4 Общие положения . . . 3
5 Выбор методов и средств измерений . . . 3
6 Выполнение измерений . . . 4
7 Обработка результатов измерений и оценка точности измерений . . . 4
Приложение А (рекомендуемое) Расчет погрешности измерений при выборе методов и средств измерений . . . 6
Приложение Б (рекомендуемое) Исключение систематических погрешностей измерений внесением поправок . . . 8
Приложение В (рекомендуемое) Оценка точности измерений . . . 10
Библиография . . . 16

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Правила выполнения измерений. Общие положения

System of ensuring geometrical parameters accuracy in construction. Rules of measurement. General

Дата введения — 2021—01—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на строительство зданий и сооружений, изготовление строительных конструкций и изделий для них, контроль точности измеряемых геометрических параметров и устанавливает общие положения по проведению линейных и угловых измерений, а также измерений превышений между точками.

1.2 Настоящий стандарт не распространяется на выполнение спутниковых наблюдений и измерений при производстве разбивочных и строительно-монтажных работ в процессе строительства.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 7502—98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 10529 Теодолиты. Общие технические условия

ГОСТ Р 51774 Тахеометры электронные. Общие технические условия

ГОСТ Р 58938 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения

ГОСТ Р 58942—2020 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски

ГОСТ Р 58943 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Контроль точности

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины, определения и обозначения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 58938, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **грубая погрешность измерения (промах):** Погрешность измерения, существенно превышающая ожидаемую при данных условиях, приводящая к явным искажениям результатов измерения.

3.1.2

поправка: Значение величины, вводимое в показание с целью исключения систематической погрешности.

[[1], статья 5.20]

3.2 В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

x_i — действительное значение геометрического параметра x;

$x_{ном}$ — номинальное значение геометрического параметра x;

x_c — поле допуска номинального значения геометрического параметра x;

Δx — допуск на отклонение значения геометрического параметра x;

δx_i — значение действительного отклонения геометрического параметра x;

x_{min} — минимальный предельный размер геометрического параметра x;

x_{max} — максимальный предельный размер геометрического параметра x;

δx_{inf} — нижнее предельное отклонение от номинального значения $x_{ном}$;

δx_{sup} — верхнее предельное отклонение от номинального значения $x_{ном}$;

σx — среднеквадратическое отклонение значения геометрического параметра x;

n — объем выборки действительных значений геометрического параметра x;

L — непосредственно измеряемый размер;

K_p — коэффициент, учитывающий характер зависимости между суммарной и случайными составляющими погрешности измерений;

K_q — коэффициент учитывающие характер зависимости между суммарной и систематических составляющих погрешности измерений;

$\delta x_{\Sigma met}$ — расчетная суммарная погрешность принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения;

δx_{met} — максимально допускаемая погрешность измерений;

m — число повторных измерений (наблюдений) действительных значений геометрического параметра x;

$\bar{x}$ — среднеарифметическое значение геометрического параметра x;

x_j — результат измерений (наблюдений) геометрического параметра x;

$\bar{\delta}x$ — среднеарифметическое значение результатов действительных отклонений геометрического параметра x при m измерениях (наблюдениях);

δx_j — значения действительных отклонений геометрического параметра x при измерениях (наблюдениях);

$\sigma x_{\Sigma met}$ — расчетное стандартное выборочное отклонение принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения;

δx_p — случайные составляющие погрешности;

δx_q — систематические составляющие погрешности;

$\delta x_{p,q}$ — среднее значение составляющих погрешностей;

σx_p — среднеквадратические случайные составляющие погрешности;

σx_q — среднеквадратические систематические составляющие погрешности;

$\delta x_{cor,t}$ — поправка на температуру окружающей среды;

$\delta x_{cor,w}$ — поправка на относительную влажность окружающего воздуха;

$\delta x_{cor,c}$ — поправка на относительную скорость внешней среды;

$\delta x_{cor,l}$ — поправка на систематическую погрешность средства измерений;

$\delta x_{cor,fi}$ — поправка на несовпадение направлений линии измерений и измеряемого размера;

$\delta x_{cor,r}$ — поправка на рефракцию;
$\delta x_{s,met}$ — действительная погрешность измерения;
$\delta x_{m,met}$ — неисключенная систематическая погрешность измерений.

4 Общие положения

4.1 Объектами измерений являются:
- строительные изделия;
- строительные конструкции зданий и сооружений на отдельных этапах их возведения и после завершения строительно-монтажных работ;
- плановые и высотные разбивочные сети и их элементы, в том числе создаваемые на монтажном горизонте;
- формующее оборудование, приспособления и оснастка для изготовления и монтажа, определяющие точность строительных конструкций.

4.2 Измерениям подлежат геометрические параметры, требования к точности которых установлены в нормативных документах, технической, проектной и технологической документации на объекты измерения.

4.3 Измерения проводят в соответствии с требованиями настоящего стандарта и стандартов на правила выполнения измерений.

В нормативных документах, технической и технологической документации на конкретные объекты измерений на основе этих стандартов устанавливают максимально допускаемую погрешность измерений, применяемые методы и средства и при необходимости способы обработки результатов измерений.

5 Выбор методов и средств измерений

5.1 Методы и средства измерений следует выбирать в соответствии с характером объекта и измеряемых параметров из условия

$$\delta x_{\Sigma met} \le \delta x_{met}, \quad (1)$$

где $\delta x_{\Sigma met}$ — расчетная суммарная погрешность принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения;
δx_{met} — максимально допускаемая погрешность измерения.

Примечания

1 Рекомендации по расчету погрешностей применяемых метода и средств измерений $\delta x_{\Sigma met}$ приведены в приложении А.

2 Рекомендации по определению точности измерений на основе характеристик неопределенности результатов измерений приведены в приложении Б.

5.2 Максимально допускаемую погрешность измерений δx_{met} определяют из условия

$$\delta x_{met} \le K\Delta x, \quad (2)$$

где Δx — допуск измеряемого геометрического параметра, установленный нормативными документами и технической документацией на объект измерений или определяемый по ГОСТ Р 58942;
K — коэффициент обеспечения точности, зависящий от цели измерений и характера объекта.

5.3 Для измерений, выполняемых в процессе и при контроле точности изготовления и установки изделий, а также при производстве и контроле точности строительно-монтажных и разбивочных работ, согласно ГОСТ Р 58943 коэффициент K принимают равным 0,2.

Для измерений, выполняемых в процессе производства разбивочных работ, принимают K = 0,4.

Примечание — Рассчитанная в соответствии с ГОСТ Р 58943 максимально допускаемая погрешность измерения геометрического параметра учитывает случайную и неисключенную систематическую погрешности измерений.

5.4 При выборе методов и средств измерений следует учитывать необходимость обеспечения минимальных затрат на выполнение измерений и их обработку и наиболее полного исключения систематических погрешностей.

5.5 Применяемые средства и методы (методики) измерений должны отвечать требованиям [2].

6 Выполнение измерений

6.1 При подготовке к измерениям должны быть обеспечены свободный доступ к объекту измерения и возможность размещения средств измерений. Места измерений при необходимости должны быть очищены, размечены или замаркированы.

6.2 Средства измерений должны быть проверены и подготовлены в соответствии с инструкцией по их эксплуатации. При подготовке и в процессе измерений должно быть обеспечено соблюдение требований безопасности труда и установленных методикой измерений условий выполнения измерений.

6.3 В качестве нормальных условий измерений, если другое не установлено в нормативных документах и технической документации на объект измерений, принимают:

- температуру окружающей среды — 20 °С (293 К);
- атмосферное давление — 101,3 кПа (760 мм рт. ст.);
- относительную влажность окружающего воздуха — 60 %;
- относительную скорость движения внешней среды — 0 м/с.

6.4 При выполнении измерений в условиях, отличающихся от нормальных, следует учитывать величину отклонения действительных значений условий измерений от указанных в 6.3 для внесения поправок в результаты измерений в соответствии с 7.1.3.

6.5 Каждый геометрический параметр строительных изделий измеряют в нескольких наиболее характерных сечениях или местах, которые указываются в нормативных документах, технической, проектной или технологической документации на объект измерений.

6.6 При измерениях значений параметра в каждом из установленных сечений или месте измерений следует выполнять повторные измерения (число повторных измерений в каждом сечении или месте $m = 2$).

При выполнении и контроле точности разбивочных работ, а также в других случаях, когда требуется повышенная точность, следует проводить многократные измерения при числе повторных измерений $m \geq 2$.

При наличии результатов измерений с грубыми погрешностями выполняют дополнительные измерения.

Примечание — В действующих нормативных документах и технической документации при повторных измерениях значения параметра вместо термина «измерение» практикуется применение термина «наблюдение».

6.7 Для уменьшения величины систематических погрешностей измерений измерения проводят в прямом и обратном направлениях, на разных участках шкалы отсчетного устройства, меняя установку и настройку средств измерений и соблюдая другие приемы, указанные в инструкции по эксплуатации на средства измерений. При этом должны быть соблюдены условия равноточных измерений (выполнение измерений одним и тем же специалистом, тем же методом, с помощью одного и того же средства измерений и в одинаковых условиях).

Примечания

1 Условия равноточных измерений обеспечиваются выполнением измерений одним и тем же специалистом, тем же методом, с помощью одного и того же средства измерений и в одинаковых условиях воздействующей окружающей среды.

2 Под направлением измерений (прямое, обратное) понимают получение значения измеряемого параметра с отсчетом его значений при изменении от минимального до максимального в точке (сечении) объекта измерений.

6.8 Перед началом измерений средства измерений следует выдерживать на месте измерений до выравнивания их температуры с температурой окружающей среды.

7 Обработка результатов измерений и оценка точности измерений

7.1 При прямых измерениях геометрического параметра x в каждом сечении или месте результатом измерений является среднеарифметическое значение $\overline{x}$ из m результатов измерений x_j этого параметра, принимаемое за действительное значение x_i параметра x в данном сечении или месте измерений

$$x_i = \overline{x} = \frac{\sum_{j=1}^{m} x_j}{m}, \qquad (3)$$

где $i = 1 \ldots$ — число сечений или мест измерений;

$j = 1 \ldots m$ — число измерений в каждом сечении или месте.

При этом значение действительного отклонения δx_i параметра x от его номинального значения $x_{ном}$ определяют по формуле

$$\delta x_i = x_i - x_{ном}. \quad (4)$$

7.1.1 При выполнении измерений отклонения параметра x в качестве действительного отклонения δx_i принимают среднеарифметическое значение $\overline{\delta x}$ из m измерений δx_j этого отклонения в каждом установленном сечении или месте измерений

$$\delta x_j = \overline{\delta x} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \delta x_j}{m}. \quad (5)$$

7.1.2 Перед вычислением результатов измерений x_i значений геометрического параметра x и его действительного отклонения δx_i исключают результаты измерений, выполненных с грубыми погрешностями.

7.1.3 Для исключения систематических погрешностей измерений, в том числе возникающих из-за несоответствия условий измерений нормальным, в измеренные значения геометрического параметра x вводят поправки, приведенные в приложении Б.

7.2 При выполнении косвенных измерений значений геометрического параметра x вычисление результатов измерений параметра x_i и его действительного отклонения δx_i осуществляют по известным геометрическим зависимостям между ними и непосредственно измеряемыми параметрами.

7.3 Если требования к точности геометрического параметра x в нормативных документах и технической документации на объект измерений выражены в виде предельных размеров x_{min}, x_{max} и результат измерения данного параметра отвечает условию

$$x_{min} \le x_i \le x_{max}, \quad (6)$$

требования к точности параметра считают выполненными.

7.4 Требования к точности геометрического параметра x, выраженные в виде предельных отклонений δx_{inf} и δx_{sup} номинального значения $x_{ном}$, считают выполненными, если результат измерений отвечает условию

$$\delta x_{inf} \le x_i \le \delta x_{sup}. \quad (7)$$

7.5 Оценку точности измерений проводят сравнением погрешности результата измерений с максимально допускаемой погрешностью измерений.

7.5.1 Оценку точности измерений следует выполнять каждый раз при освоении методов и средств измерений, периодически — при изменении условий измерений, а также в других случаях, предусмотренных нормативными документами и технической документацией на объект измерений.

Примечание — Рекомендации по оценке точности измерений приведены в приложении В.

7.5.2 При выполнении разбивочных работ оценку точности измерений проводят каждый раз после окончания измерений.

7.5.3 Погрешность выполненных измерений не должна превышать максимально допускаемой погрешности измерений $\delta x_{\Sigma met}$, определяемой в соответствии с 5.3.

Приложение А
(рекомендуемое)

Расчет погрешности измерений при выборе методов и средств измерений

А.1 По 5.3 определяют максимально допускаемую погрешность измерений $\delta x_{\Sigma met}$.

А.2 Осуществляют предварительный выбор методики (метода) измерений и предусмотренных ею средств измерений.

А.3 Устанавливают перечень и определяют значения систематических и случайных составляющих погрешностей, влияющих на суммарную погрешность результата измерений.

При этом учитывают:

- погрешности средства измерений, которые приведены в свидетельстве о поверке (калибровке) или в эксплуатационной документации на средство измерений;
- погрешности принятого метода измерений, определяемые на основе анализа приемов и операций, которые могут быть источниками погрешностей;
- дополнительные погрешности измерений, вызываемые отклонениями значений параметров окружающей среды от нормальных условий измерений (см. 6.7) или условий измерений, указанных в эксплуатационной документации средства измерений либо в методике измерений.

А.4 Выполняют вычисления расчетных составляющих погрешности измерений $\delta x_{\Sigma met}$:

$$\delta x_{\Sigma met} = \sqrt{\sum_{p=1}^{r} K_p^2 \delta x_p^2 + \left(\sum_{q=1}^{u} K_q \delta x_q \right)^2}, \quad (A.1)$$

или

$$\delta x_{\Sigma met} = 2{,}5\sigma x_{\Sigma met} = 2{,}5\sqrt{\sum_{p=1}^{r} K_p^2 \sigma x_p^2 + \left(\sum_{q=1}^{u} K_q \sigma x_q \right)^2}. \quad (A.2)$$

где δx_p — случайные составляющие погрешности;

δx_q — систематические составляющие погрешности;

σx_p — среднеквадратические случайные составляющие погрешности;

σx_q — среднеквадратические систематические составляющие погрешности;

$\sigma x_{\Sigma met}$ — расчетное стандартное выборочное отклонение принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения;

p — 1, 2, ..., r — число случайных составляющих погрешности;

q — 1, 2, ..., u — число систематических составляющих погрешности;

K_p, K_q — коэффициенты, учитывающие характер зависимости между суммарной и каждой из составляющих погрешность измерений.

При расчете принимают условие, что составляющие погрешности независимы между собой или слабо коррелированы.

Примечание — Вычисление расчетной погрешности измерений допускается не проводить, если можно применить аттестованную методику (метод) измерений с известной для данных условий погрешностью измерений.

А.5 Для случаев, когда процесс измерений состоит из большого числа отдельных операций, на основе принципа равных влияний среднее значение составляющих погрешности $\delta x_{p,q}$ определяют по формуле

$$\delta x_{p,q} = \frac{\delta x_{\Sigma met}}{\sqrt{r + u^2}}, \quad (A.3)$$

где r — число случайных составляющих погрешности;

u — число систематических составляющих погрешности.

Выбирают те составляющие погрешности, которые легко могут быть уменьшены, увеличивая соответственно значения тех составляющих погрешности, которые трудно обеспечить имеющимися методами и средствами измерений.

А.6 Проводят проверку соблюдения условия по формуле (1) настоящего стандарта и в случае несоблюдения этого условия вместо предварительно выбранных методики (метода) измерений или средств измерений (см. А.2) выбирают более точные средства измерений или другую методику (метод) измерений.

Пример — Необходимо выбрать средство измерений для контроля изделия длиной L = (3600 ± 2,0) мм (по ГОСТ Р 58942 Δx = 4 мм).

Выбор средства измерений проводят в следующем порядке:

1 Определяют максимально допускаемую погрешность измерения δx_{met} по условию (2) (см. 5.3) $\delta x_{met} = 0,2\,\Delta x = 0,2 \cdot 4,0 = 0,8$ мм.

2 Для выполнения измерений предварительно выбирают металлическую рулетку со шкалой номинальной длины 10 м 3-го класса точности Р10УЗП ГОСТ 7502—98.

3 В суммарную погрешность измерения длины изделия рулеткой входят составляющие погрешности: δx_1 — поверки рулетки; δx_2 — от погрешности измерения температуры окружающей среды; δx_3 — от колебания силы натяжения рулетки; δx_4 — снятия отсчетов по шкале рулетки на левом и правом краях изделия.

Определяют значения этих погрешностей.

3.1 Погрешность δx_1 поверки рулетки в соответствии с методикой поверки принимают равной 0,2 мм.

3.2 Погрешность δx_2 от измерения температуры окружающей среды термометром ценой деления 1,0 °С составляет

$$\delta x_2 = L\alpha\Delta_t = 3600 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 \approx 0,22 \text{ мм},$$

где $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$ — коэффициент линейного расширения материала измерительной ленты из углеродистой стали (по эксплуатационной документации на измерительную ленту);

$\Delta_t = 0,5$ °С — погрешность измерения температуры термометром ценой деления 1,0 °С (половина цены деления термометра).

3.3 Погрешность δx_3 от колебания силы натяжения рулетки составляет

$$\delta x_3 = \frac{L \cdot \Delta P}{F\ E} = \frac{3600 \cdot 10}{2\ \ 2\ \ 10^5} = 0,09 \approx 0,1 \text{ мм},$$

где $\Delta P = 10$ Н — погрешность натяжения рулетки вручную;

$F = 2$ мм^2 — площадь поперечного сечения рулетки;

$E = 2 \cdot 10^5$ Н/мм^2 — модуль упругости материала рулетки.

3.4 Экспериментально установлено, что погрешность снятия отсчета по шкале рулетки не превышает 0,3 мм, при этом погрешность δx_4 снятия отсчетов на левом и правом краях изделия составит

$$\delta x_4 = 0,3 \cdot \sqrt{2} \approx 0,4 \text{ мм}.$$

4 Определяют расчетную суммарную погрешность измерения по формуле (А.1), учитывая, что δx_1 — систематическая погрешность, а δx_2, δx_3 и δx_4 — случайные,

$$\delta x_{\Sigma\,met} = \sqrt{\delta x_1^2 + \delta x_2^2 + \delta x_3^2 + \delta x_4^2} = \sqrt{0,2^2 + 0,22^2 + 0,2^2 + 0,4^2} = \sqrt{26} \approx 0,5 \text{ мм}.$$

5 Выбранные метод и средство измерений могут быть приняты для выполнения измерений, так как расчетная суммарная погрешность измерения $\delta x_{\Sigma\,met} = 0,5$ мм меньше максимально допускаемой погрешности $\delta x_{met} = 0,8$ мм, что соответствует требованию 5.1 настоящего стандарта. Если условия измерений будут отличаться от нормальных, приведенных в 6.3, для исключения систематических погрешностей в результаты измерений следует вводить поправки, приведенные в приложении Б.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Исключение систематических погрешностей измерений внесением поправок

Б.1 Исключение известных систематических погрешностей из результатов наблюдений или измерений выполняют введением поправок к этим результатам.

Поправки по абсолютному значению равны этим погрешностям и противоположны им по знаку.

Б.2 Введением поправок исключают:

- погрешность, возникающую из-за отклонений действительной температуры окружающей среды при измерении от нормальной;
- погрешность, возникающую из-за отклонений атмосферного давления при измерении от нормального;
- погрешность, возникающую из-за отклонений относительной влажности окружающего воздуха при измерении от нормальной;
- погрешность, возникающую из-за отклонений относительной скорости движения внешней среды при измерении от нормальной;
- погрешность, возникающую вследствие искривления светового луча (рефракции);
- систематическую погрешность средства измерений;
- погрешность, возникающую вследствие несовпадения направлений линии измерений и измеряемого размера.

Б.3 Поправки по указанным погрешностям вычисляют в соответствии с таблицей Б.1.

Б.4 Поправки допускается не вносить, если действительная погрешность измерений не превышает максимально допускаемой погрешности измерений.

Таблица Б.1 — Поправки для исключения систематических погрешностей

Наименование поправки	Порядок определения и формулы для расчета поправок
Поправка на температуру окружающей среды	$\delta x_{cor,t} = -L\left[\alpha_1\left(t_1 - 20\ ^\circ\mathrm{C}\right) - \alpha_2\left(t_2 - 20\ ^\circ\mathrm{C}\right)\right]$
Поправка на атмосферное давление	Определяется при применении электронно-оптических средств измерений в соответствии с эксплуатационной документацией
Поправка на относительную влажность окружающего воздуха	$\delta x_{cor,w}$ определяют: а) при применении электронно-оптических средств измерений в соответствии с эксплуатационной документацией; б) при измерении объектов, изменяющих размеры в зависимости от влажности воздуха в соответствии со свойствами материала
Поправка на относительную скорость внешней среды	$\delta x_{cor,c} = \frac{Q^2 l_{ном}}{24P^2}$
Поправка на систематическую погрешность средства измерений	$\delta x_{cor,I}$ — указывается в эксплуатационной документации средства измерений либо в свидетельстве о его поверке или калибровке
Поправка на несовпадение направлений линии измерений и измеряемого размера	$\delta x_{cor,h} = \frac{h^2}{2L}$
Поправка на рефракцию	$\delta x_{cor,r}$ определяется при применении оптических или электронно-оптических приборов в зависимости от условий измерений по методике измерений

Примечание — В настоящей таблице применены следующие обозначения:
L — непосредственно измеряемый размер, мм;
α_1, α_2 — коэффициенты линейного расширения средства измерения и объекта, 10^{-6} град$^{-1}$;
t_1, t_2 — температура средства измерений и объекта измерений, °С;
h — величина отклонения направления измерения от направления измеряемого размера, мм;
Q — предельно допустимая сила ветра, Н;
P — сила натяжения средства измерений (рулетки, проволоки), Н.

Пример — Получен результат измерений длины стальной фермы x_j = 24003 мм. Измерение выполнялось 30-метровой рулеткой из нержавеющей стали при t = – 20 °С.

При этом $\alpha_1 = 20{,}5 \cdot 10^{-6}$, $\alpha_2 = 12{,}5 \cdot 10^{-6}$, $t_1 = t_2 = -20$ °С.

$$\delta x_{cor,t} = -24003[20{,}5 \cdot 10^{-6}(-20-20) - 12{,}5 \cdot 10^{-6}(-20-20)] \approx 7{,}7 \text{ мм}.$$

Действительная длина x_i фермы с учетом поправки на температуру окружающей среды составит

$$x_i = x_j + \delta x_{cor,t} = 24003 + 7{,}7 = 24010{,}7 \text{ мм}.$$

Приложение В
(рекомендуемое)

Оценка точности измерений

В.1 Оценку точности измерений проводят:

- предварительно до начала измерений путем обработки результатов специально выполненных наблюдений;
- после окончания измерений путем обработки полученных результатов измерений.

В.2 Для оценки точности измерений используют многократные измерения параметра в одном из установленных сечений (мест) или двойные измерения параметра в разных сечениях (местах) одного или нескольких объектов измерений.

Общее число измерений M, необходимое для оценки точности результата измерений, составляет:

- для предварительной оценки — 20;
- для оценки точности выполненных измерений — не менее 6.

Для уменьшения влияния систематических погрешностей измерения выполняют в соответствии с 6.7.

В.3 Оценку точности измерений проводят путем определения действительной погрешности измерения $\delta x_{s,met}$ и сравнением ее с максимально допускаемой погрешностью измерений δx_{met}.

В случаях, когда нормирована относительная погрешность измерения, определяют действительную относительную погрешность.

В.4 Действительную погрешность измерения при многократных измерениях определяют по формуле

$$\delta x_{s,met} = t\sigma x_{\Sigma met}, \tag{В.1}$$

где $\sigma x_{\Sigma met}$ — расчетное стандартное выборочное отклонение принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения;

t — коэффициент (принимают по таблице В.1).

Таблица В.1

Доверительные вероятности	Значения t при M, равном			
	20	10	8	6
0,95	2	2,3	2,4	2,6
0,99	2,5	3,2	3,5	4,0

Расчетное стандартное выборочное отклонение принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения при многократных измерениях параметра определяют по формуле

$$\sigma x_{\Sigma met} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{M}\left(x_j - \overline{x}\right)^2}{m\left(M-1\right)}}, \tag{В.2}$$

где x_j — результат измерения;

$\overline{x}$ — среднее арифметическое значение, полученное по результатам многократных измерений геометрического параметра x;

M — число равноточных результатов измерений, выполняемых для предварительной оценки;

m — число измерений параметра, выполняемых при контроле в данном сечении (месте).

Если при измерениях используют средства и методы, для которых из специально выполненных ранее измерений или из эксплуатационной документации установлено расчетное стандартное выборочное отклонение принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения $\sigma x_{\Sigma met}$, то действительную погрешность измерений определяют по формуле

$$\delta x_{s,met} = t \cdot \frac{\sigma x_{\Sigma met}}{\sqrt{m}}. \tag{В.3}$$

В.5 Действительную погрешность результата измерения при двойных измерениях параметра в одном из установленных сечений (местах) оценивают по формуле

$$\delta x_{s,met} = \left|\delta x_{m,met}\right| + t\sigma x_{\Sigma met}, \tag{В.4}$$

где $\delta x_{m,met}$ — абсолютное значение неисключенной систематической погрешности измерений, численное значение которой определено из обработки ряда двойных измерений.

Пример — Необходимо провести предварительную оценку точности измерений длинномером длины изделий при контроле точности их изготовления. Измерение длины каждого изделия в процессе контроля будет выполняться при числе измерений m = 2.

Выполняют M = 20 измерений длины одного изделия. Для уменьшения влияния систематической погрешности измерений первые десять измерений выполняют в одном направлении каждый раз со сдвигом шкалы на 70—90 мм, а вторые десять измерений — в другом направлении с тем же сдвигом шкалы.

Результаты измерений и последовательность их обработки приведены в таблице В.2 (для упрощения приведены результаты только 10 измерений, т. е. M = 10).

Таблица В.2

Номера наблюдений	Отсчеты по длинномеру		Размеры, полученные в результате наблюдений	$x_j - x_0$	$(x_j - x_0)^2$	$\overline{x} \cdot x_j$	$(\overline{x} - x_j)^2$
	Левая грань	Правая грань					
	Прямо						
1	0	3205	3205	5	25	0	0
2	7	3216	3209	9	81	– 4	16
3	14	3219	3205	5	25	0	0
4	21	3221	3200	0	0	5	25
5	29	3232	3203	3	9	2	4
6	36	3244	3208	8	64	– 3	9
7	43	3245	3202	2	4	3	9
8	50	3257	3207	7	49	– 2	4
9	57	3265	3208	8	64	– 3	9
10	64	3269	3205	5	25	0	0
				∑252	∑2346	∑ –2	∑276

$$\overline{x} = 3200 + \frac{52}{10} = 3205{,}2.$$

Принимают $\overline{x}$ = 3205,0 с ошибкой округления α = – 0,2; x_0 — наименьший результат из всех наблюдений, x_0 = 3200.

Контроль правильности вычислений:

$$1)\ \sum_{j=1}^{M}\left(\overline{x} - x_j\right) = \alpha \cdot M = -0{,}2 \cdot 10 = -2;$$

$$2)\ \sum_{j=1}^{M}\left(x_j - \overline{x}\right)^2 = \sum_{j=1}^{M}\left(x_j - x_0\right)^2 - \frac{\left[\sum_{j=1}^{M}\left(x_j - x_0\right)\right]^2}{M} = 346 - \frac{52^2}{10} = 75{,}6.$$

Расчетное стандартное выборочное отклонение принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения $\sigma x_{\Sigma met}$ находят по формуле (В.2):

$$\sigma x_{\Sigma met} = \sqrt{\frac{76}{2(10-1)}} \approx 2{,}0 \text{ мм}.$$

Действительная погрешность измерения

$$\delta x_{s,met} = 2{,}5 - 2{,}0 = 0{,}5 \text{ мм}.$$

Максимально допускаемую погрешность измерения находят по формуле (2). При допуске на длину $\Delta x = 20$ мм

$$\delta x_{met} = 0{,}2 \cdot 20 = 4{,}0 \text{ мм}.$$

Проверяем соблюдение условия (1): 5,0 > 4,0 мм.

Действительная погрешность измерения не соответствует требуемой, должны быть приняты другие средства измерений или увеличено число измерений m. Принимают m = 4, тогда

$$\sigma x_{\Sigma\, met} = \sqrt{\frac{76}{4\,(10-1)}} = 1{,}4 \text{ мм},$$

$$\delta x_{s,met} = 2{,}5 \cdot 1{,}4 = 3{,}5 \text{ мм} < 4{,}0 \text{ мм}.$$

В.6 При двойных измерениях близких по значению линейных размеров расчетное стандартное выборочное отклонение принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения и остаточную систематическую погрешность результата измерений определяют в соответствии с таблицей В.3. При этом имеют в виду, что измерения являются равноточными в паре и между парами.

Таблица В.3

Наименование вычислительной операции	Формулы для вычисления
Определение разностей d_j в каждой паре измерений	$d_j = x_{j1} - x_{j2}$
Вычисление неисключенной систематической погрешности измерений $\delta x_{m,met}$	$\delta x_{m,met} = \dfrac{\sum\limits_{j=1}^{M'} d_j}{M'}$
Условие значимости (несущественности) неисключенной систематической погрешности измерений	$\left\lvert \sum\limits_{j=1}^{M'} d_j \right\rvert \le 0{,}25 \sum\limits_{j=1}^{M'} \lvert d_j \rvert$
Вычисление расчетного стандартного выборочного отклонения принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения $\sigma x_{\Sigma\, met}$, если выполняется условие значимости в настоящей таблице неисключенной систематической погрешности измерений. В этом случае при использовании формулы (1) остаточная систематическая погрешность не учитывается	$\sigma x_{\Sigma\, met} = \sqrt{\dfrac{\sum\limits_{j=1}^{M'} d_j^2}{4M'}}$
Определение разностей в каждой паре измерений d_j с исключением неисключенной систематической погрешности	$d'_j = d_j - \delta x_{m,met}$
Проверка правильности вычислений	$\sum\limits_{j=1}^{M'} d'_j = \sum\limits_{j=1}^{M'} d_j - \delta x_{m\,met} M',$ $\sum\limits_{j=1}^{M'} d'^2_j = \sum\limits_{j=1}^{M'} d_j^2 - \dfrac{\left[\sum\limits_{j=1}^{M'} d_j\right]^2}{M'}$
Вычисление расчетного стандартного выборочного отклонения принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения $\sigma x_{\Sigma met}$ результата измерений без учета неисключенной систематической погрешности (в случае, если условие значимости в настоящей таблице не выполняется)	$\sigma x_{\Sigma,met} = \sqrt{\dfrac{\sum\limits_{j=1}^{M'} d'^2_j}{4\,(M'-1)}}$

Примечание — Обозначения, принятые в настоящей таблице:

x_{j1}, x_{j2} — результаты первого и второго в паре измерений параметра в одной точке (сечении, месте). Для обеспечения правильной оценки все первые измерения в установленных точках (сечениях, местах) выполняют в одном направлении (или при одной установке прибора), а все вторые — в обратном направлении (или при симметричной установке прибора); запись результатов измерений — в соответствии с порядком их выполнения;

M' — число пар измерений ($M' = M/2$).

Пример — Провести оценку точности измерений, выполненных методом бокового нивелирования двойными измерениями при контроле отклонений от разбивочных осей низа семи смонтированных колонн. Проведено семь пар измерений при двухкратной установке теодолита по ГОСТ 10529 (либо электронным тахеометром по ГОСТ Р 51774) над центром пункта пространственной геодезической сети, которые являются равноточными в паре и между парами. Результаты измерений и последовательность их обработки приведены в таблице В.4.

Таблица В.4

Номер пары измерений	Результаты измерений		$d_j = x_{j1} - x_{j2}$	d_j^2	$d'_j = d_j - \delta x_{m,met}$	d'^2_j
	x_{j1} (при первой установке теодолита)	x_{j2} (при второй установке теодолита)				
1	– 5	– 7	2	4	1,4	2,0
2	3	0	3	9	2,4	5,8
3	– 7	– 6	– 1	1	– 1,6	2,6
4	0	2	– 2	4	– 2,6	6,8
5	4	6	– 2	4	– 2,6	6,8
6	– 8	– 10	2	4	1,4	2,0
7	2	0	2	4	1,4	2,0
			$\Sigma 4$	Σ 30	Σ –0,2	Σ 28

Вычисляют неисключенную систематическую погрешность и проверяют ее значимость:

$$\delta x_{m,met} = \frac{4}{7} \approx 0,6;$$

$$\left|\sum_{j=1}^{M'} d_j\right| \le 0,25 \sum_{j=1}^{M'} \left|d_j\right|; \quad 4 > 3,5.$$

Так как $\delta x_{m,met}$ значима, она исключается из разностей d_j.
Проверка правильности вычислений:

1) $$\sum_{j=1}^{M'} d'_j = \sum_{j=1}^{M'} d_j - \delta x_{m,met} M' = 4 - 0,6 \cdot 7 = -0,2;$$

2) $$\sum_{j=1}^{M'} d'^2_j = \sum_{j=1}^{M'} d_j^2 - \frac{\left[\sum_{j=1}^{M'} d_j\right]^2}{M'} = 30 - \frac{16}{7} = 27,7 < 28,0.$$

Расчетное стандартное выборочное отклонение принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения

$$\sigma x_{\Sigma met} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{M'} d'^2_j}{4(M'-1)}} = \sqrt{\frac{28,0}{4(7-1)}} = 1,1 \text{ мм}.$$

Действительная погрешность измерения

$$\delta x_{s,met} = \left|\delta x_{m,met}\right| + t\sigma x_{\Sigma met} = 0,6 + 3 \cdot 1,1 = 3,9 \text{ мм}.$$

$t = 3$ при $M = 14$ и доверительной вероятности 0,99.

Максимально допускаемая погрешность измерения при допуске совмещения ориентиров при установке колонн $\Delta x = 24$ по ГОСТ Р 58942

$$\delta x_{met} = 0{,}2 \cdot 24 = 4{,}8 \text{ мм}.$$

Проверяют соблюдение условия (1): 3,9 < 4,8 мм.
Действительная точность измерений соответствует требуемой.

В.7 При двойных измерениях, существенно различных по значению между парами линейных размеров, расчетное стандартное выборочное отклонение принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения и неисключенную систематическую погрешность результата измерений определяют в соответствии с таблицей В.5.

При этом измерения в паре являются равноточными, а между парами — неравноточными.

Таблица В.5

Наименование вычислительной операции	Формулы для вычисления
Определение разностей d_j в каждой паре наблюдений	$d_j = x_{j1} - x_{j2}$
Вычисление весов разностей Pd_j	$Pd_j = \frac{C}{2x_j}$
Вычисление неисключенной систематической погрешности измерений $\delta x_{m,met}$	$\delta x_{m,met} = \frac{\sum_{j=1}^{M'} Pd_j \; d_j}{\sum_{j=1}^{M'} Pd_j}$
Условие значимости (несущественности) неисключенной систематической погрешности измерений	$\left\lvert \sum_{j=1}^{M'} d_j \sqrt{Pd_j} \right\rvert \le 0{,}25 \sum_{j=1}^{M'} \left\lvert d_j \sqrt{Pd_j} \right\rvert$
Вычисление расчетного стандартного выборочного отклонения принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения $\sigma x_{\Sigma met}$, если выполняется условие значимости в настоящей таблице неисключенной систематической погрешности измерений	$\sigma x_{\Sigma met} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{M'} Pd_j \; d_j^2}{4M' Pd_j}}$
Определение разностей в каждой паре измерений d_j с исключением неисключенной систематической погрешности	$d'_j = d_j - \delta x_{m,met}$
Проверка правильности вычислений	$\sum_{j=1}^{M'} d'_j = \sum_{j=1}^{M'} d_j - \delta x_{m,met} M'$, $\sum_{j=1}^{M'} d'^2_j = \sum_{j=1}^{M'} d_j^2 - \frac{\left[\sum_{j=1}^{M'} d_j\right]^2}{M'}$
Вычисление расчетного стандартного выборочного отклонения принимаемого метода и инструментальной погрешности измерения $\sigma x_{\Sigma met}$ результата измерений без учета неисключенной систематической погрешности (в случае, если условие значимости в настоящей таблице не выполняется)	$\sigma x_{\Sigma met} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{M'} Pd_j \; d_j^2}{4Pd_j (M' - 1)}}$
Примечание — В настоящей таблице применены следующие условные обозначения: C — любая постоянная величина; остальные обозначения — по 3.2.	

Пример — провести оценку точности измерений, выполняемых рулеткой при контроле точности детальных разбивочных работ двойными измерениями расстояний между разбивочными осями.

Измерения в паре равноточны, а между парами вследствие большой разницы в значениях расстояний — неравноточны.

Выполнено восемь пар измерений (по числу имеющихся в натуре ориентиров).

Таблица В.6

Номер пары измерений	Измерение		$d_j = x_{j1} - x_{j2}$	d_j^2	$Pd_j = \frac{1}{2x_j}$	$Pd_j d_j^2$	$4M'Pd_j$	$\sigma x_{\Sigma met}$	$\delta x_{s,met}$	δx_{met}
	x_{j1}, [redacted]	x_{j2}, мм								
1	6003	6002	1,0	1,0	0,08	0,08	2,56	1,1	2,4	3,2
2	2995	2997	– 2,0	4,0	0,16	0,64	5,12	0,8	1,8	2,0
3	3600	3600	0	0	0,13	0	4,16	0,9	2,0	2,0
4	2398	2399	– 1,0	1,0	0,21	0,21	6,72	0,7	1,5	1,2
5	3600	3602	– 2,0	4,0	0,13	0,52	4,16	0,9	2,0	2,0
6	2994	2993	1,0	1,0	0,16	0,16	5,12	0,8	1,8	2,0
7	1997	1995	2,0	4,0	0,25	1,00	8,00	0,6	1,3	1,2
8	3605	3603	2,0	4,0	0,13	0,52	4,16	0,9	2,0	2,0
						Σ 3,13				

Вычисляют неисключенную систематическую погрешность измерений и проверяют ее значимость

$$\delta x_{m,met} = \frac{\sum_{j=1}^{M'} Pd_j \, d_j}{\sum_{j=1}^{M'} Pd_j} = -0,3 \text{ мм},$$

$$\left| \sum_{j=1}^{M'} d_j \sqrt{Pd_j} \right| \le 0,25 \sum_{j=1}^{M'} \left| d_j \sqrt{Pd_j} \right|; \; 0,4 \le 0,25 \cdot 4,5; \; 0,4 < 1,1.$$

Следовательно, неисключенной систематической погрешностью можно пренебречь.

Действительные абсолютные погрешности измерений для каждой пары измерений вычислены в таблице В.6 при t = 2,2 (M = 16, доверительная вероятность 0,95).

Максимально допускаемые погрешности измерений для каждой пары измерений, вычисленные по формуле (2), приведены в таблице В.6. Допуски на разбивку осей в плане определялись по таблице А.5 ГОСТ Р 58942—2020 соответственно 6-му классу точности.

Действительные погрешности измерений в основном не превышают требуемых. Измерения с порядковыми номерами 4 и 7 следует повторить при т от трех до четырех.

Библиография

[1] Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29—2013 — Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения

[2] Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»

УДК 69.001.2:006.78 ОКС 91.010.30

Ключевые слова: система обеспечения точности, геометрические параметры в строительстве, правила выполнения измерений, общие положения

БЗ 8—2019/147

Редактор *В.Н. Шмельков*
Технические редакторы *В.Н. Прусакова, И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *Ю.В. Поповой*

Сдано в набор 03.08.2020. Подписано в печать 28.08.2020. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд. л. 2,11.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru