

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

ГОСТ 26433.0—85

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА
Москва

РАЗРАБОТАН

Зональным научно-исследовательским и проектным институтом типового и экспериментального проектирования жилых и общественных зданий (ЛенЗНИИЭП) Госгражданстроя
Центральным ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательским и проектным институтом типового и экспериментального проектирования жилища (ЦНИИЭП жилища) Госгражданстроя
Центральным научно-исследовательским и проектно-экспериментальным институтом организации, механизации и технической помощи строительству (ЦНИИОМТП) Госстроя СССР

ИСПОЛНИТЕЛИ

Л. Н. Ковалис (руководитель темы); **Г. Б. Шойхет**, канд. техн. наук; **М. С. Кардаков**; **С. Н. Панарин**, канд. техн. наук; **А. В. Цареградский**; **Н. М. Штейнберг**, канд. техн. наук; **Г. Д. Костина**, канд. техн. наук; **В. С. Сытник**, канд. техн. наук; **С. Е. Чекулаев**, канд. техн. наук; **В. Д. Фельдман**, канд. техн. наук; **В. В. Тишенко**

ВНЕСЕН Зональным научно-исследовательским и проектным институтом типового и экспериментального проектирования жилых и общественных зданий (ЛенЗНИИЭП) Госгражданстроя

Директор **В. В. Судаков**

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 17 октября 1984 г. № 174

УДК 69.001.2 : 006 : 354 Группа Ж02

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Общие положения

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

ГОСТ 26433.0—85

Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 17 октября 1984 г. № 174 срок введения установлен

с 01.01.86

1. Настоящий стандарт распространяется на здания, сооружения и их элементы и устанавливает общие положения по проведению линейных и угловых измерений при контроле точности геометрических параметров по ГОСТ 23616—79, а также в процессе выполнения разбивочных работ в строительстве, изготовления и установки элементов.

Стандарт не распространяется на измерения, проводимые при государственных испытаниях, аттестации и поверке средств измерения.

Применяемые в стандарте термины по измерениям соответствуют ГОСТ 16263—70.

2. Объектами измерений являются:

строительные элементы (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.

3. Измерениям подлежат геометрические параметры, требования к точности которых установлены в нормативно-технической, проектной и технологической документации на объекты измерения.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

© Издательство стандартов, 1985

4. Измерения проводят в соответствии с требованиями настоящего стандарта и других государственных стандартов по правилам выполнения измерений Системы обеспечения точности геометрических параметров в строительстве.

В нормативно-технической и в технологической документации на конкретные объекты измерения на основе этих стандартов устанавливают предельную погрешность измерений, применяемые методы и средства и, при необходимости, способы обработки результатов наблюдений.

5. Выбор методов и средств измерений

5.1. Методы и средства измерений принимают в соответствии с характером объекта и измеряемых параметров из условия

$$\delta x_{\Sigma met} \leqslant \delta x_{met}, \qquad (1)$$

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

δx_{met} — предельная погрешность измерения.

5.2. Расчетную погрешность $\delta x_{\Sigma met}$ определяют согласно рекомендуемому приложению 1.

5.3. Предельную погрешность δx_{met} определяют из условия

$$\delta x_{met} \leqslant K \cdot \Delta x, \qquad (2)$$

где Δx — допуск измеряемого геометрического параметра, установленный нормативно-технической документацией на объект измерения;

K — коэффициент, зависящий от цели измерений и характера объекта.

Для измерений, выполняемых в процессе и при контроле точности изготовления и установки элементов, а также при контроле точности разбивочных работ принимают $K=0{,}2$.

Для измерений, выполняемых в процессе производства разбивочных работ, $K=0{,}4$.

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

5.5. Средства измерений должны отвечать требованиям ГОСТ 8.002—71 и ГОСТ 8.326—78.

6. Выполнение измерений

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

6.2. В качестве нормальных условий измерений, если другое не установлено в нормативно-технической документации на объект измерения, принимают:

температуру окружающей среды 293 К (20°С);

атмосферное давление 101,3 кПа (760 мм рт. ст.);

относительную влажность окружающего воздуха 60%;

относительную скорость движения внешней среды 0 м/с.

6.3. При выполнении измерений в условиях, отличающихся от нормальных, следует, при необходимости, фиксировать действительные значения указанных в п. 6.2 величин для внесения поправок в результаты измерений в соответствии с п. 7.2.

6.4. Каждый геометрический параметр строительных элементов, конструкций, оборудования измеряют, как правило, в нескольких наиболее характерных сечениях или местах, которые указываются в нормативно-технической, проектной или технологической документации на объект измерения.

6.5. Измерения выполняют, как правило, двойными наблюдениями параметра в каждом из установленных сечений или мест (при числе повторных наблюдений в каждом сечении или месте m, равном двум).

При выполнении и контроле точности разбивочных работ, а также при установке формующего оборудования, приспособлений и оснастки и в других случаях, когда требуется повышенная точность, могут проводиться многократные наблюдения при числе повторных наблюдений m более 2.

При наличии наблюдений с грубыми погрешностями выполняют дополнительные наблюдения.

6.6. Для уменьшения влияния систематических погрешностей на результат измерения наблюдения производят в прямом и обратном направлениях, на разных участках шкалы отсчетного устройства, меняя установку и настройку прибора и соблюдая другие приемы, указанные в инструкции по эксплуатации на средства измерения. При этом должны быть соблюдены условия равноточности наблюдений (выполнение наблюдений одним наблюдателем, тем же методом, с помощью одного и того же прибора и в одинаковых условиях).

Перед началом наблюдений средства измерений следует выдерживать на месте измерений до выравнивания температур этих средств и окружающей среды.

7. Обработка результатов наблюдений и оценка точности измерений

7.1. Результатом прямого измерения геометрического параметра x в каждом сечении или месте является среднее арифметичес-

кое значение $\bar{x}$ из m результатов наблюдений x_j этого параметра, принимаемое за действительное значение x_i параметра x в данном сечении или месте.

$$x_i=\bar{x}=\frac{\sum_{j=1}^{m}x_j}{m}, \tag{3}$$

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

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

При этом действительное отклонение δx_i параметра x от его номинального значения x_{nom} определяют по формуле

$$\delta x_i=x_i-x_{nom}. \tag{4}$$

При непосредственном измерении отклонения параметра x в качестве действительного отклонения δx_i принимают среднее арифметическое значение $\overline{\delta x}$ из m наблюдений δx_j этого отклонения в каждом установленном сечении или месте

$$\delta x_i=\overline{\delta x}=\frac{\sum_{j=1}^{m}\delta x_j}{m}. \tag{5}$$

7.2. Перед вычислением x_i и δx_i исключают результаты наблюдений, выполненных с грубыми погрешностями, и в соответствии с рекомендуемым приложением 2 вводят поправки для исключения известных систематических погрешностей, в том числе возникающих из-за несоответствия условий измерения нормальным.

7.3. При выполнении косвенных измерений значения x_i и δx_i вычисляют по известным геометрическим зависимостям между ними и непосредственно измеряемыми параметрами.

7.4. Если требования к точности геометрического параметра в нормативно-технической документации на объект измерения выражены в виде предельных размеров x_{min}, x_{max} и результат измерения данного параметра отвечает условию

$$x_{min}\leqslant x_i\leqslant x_{max},$$

требования к точности параметра считают выполненными.

Требования к точности параметра, выраженные в виде предельных отклонений δx_{inf} и δx_{sup}, считают выполненными, если результат измерения отвечает условию

$$\delta x_{inf}\leqslant\delta x_i\leqslant\delta x_{sup}.$$

7.5. Оценку точности измерений производят сравнением действительной погрешности с предельной погрешностью измерений.

Оценку точности измерений производят в соответствии с рекомендуемым приложением 3 каждый раз при освоении методов и средств измерений, периодически — при изменении условий измерений, а также в других случаях, предусмотренных нормативно-технической документацией на объект измерения.

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

Действительная погрешность $\delta x_{s,\,met}$ выполненных измерений не должна превышать ее предельного значения, определяемого в соответствии с п. 5.3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Рекомендуемое

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ВЫБОРЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Определяют предельную погрешность измерения δx_{met} в соответствии с п. 5.3 настоящего стандарта.

2. Принимают предварительно метод и соответствующие ему средства измерений.

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

При этом учитывают:

погрешности средства измерения, которые принимают по результатам его государственной или ведомственной поверки из свидетельства о поверке или из эксплуатационной документации на средство измерения;

погрешности принятого метода измерений. Их устанавливают на основе анализа приемов и операций, которые могут быть источниками погрешностей;

погрешности измерения значений параметров (температуры окружающего воздуха, давления и т. д.), определяющих нормальные условия измерений.

4. Вычисляют расчетную погрешность измерения по одной из формул:

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

или

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

где δx_p — случайные составляющие погрешности;

δx_q — систематические составляющие погрешности;

σx_p — средние квадратические случайные составляющие погрешности;

σx_q — средние квадратические систематические составляющие погрешности;

$p = 1,2 \ldots r$ — число случайных составляющих погрешностей;

$q = 1,2 \ldots u$ — число систематических составляющих погрешностей;

K_p, K_q — коэффициенты, учитывающие характер зависимости между суммарной и каждой из составляющих погрешностей измерения.

При расчете по указанным формулам принимается, что составляющие погрешности независимы между собой или слабо коррелированы.

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

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

где r — число случайных составляющих погрешностей;

u — число систематических составляющих погрешностей.

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

6. Проверяют соблюдение условия (1) настоящего стандарта и в случае несоблюдения этого условия назначают более точные средства или принимают другой метод измерения.

7. Вычисления расчетной погрешности измерения могут не производиться, если принимают стандартный метод с известной для данных условий погрешностью измерения.

Пример. Выбрать средство измерения для контроля длины изделия, $L=3600\pm2{,}0$ мм ($\Delta x=4$ мм, ГОСТ 21779—82).

Решение.

1. Определяем предельную погрешность измерения δx_{met} по условию (2) п. 5.3:

$$\delta x_{met}=0{,}2\Delta x=0{,}2\cdot4{,}0=0{,}8 \text{ мм}$$

2. Для выполнения измерений применяем имеющуюся на заводе 10-метровую металлическую рулетку 3-го класса точности ЗПК3-10АУТ/10 ГОСТ 7502—80.

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.

Определяем значения этих погрешностей.

3.1. Погрешность δx_1 поверки рулетки в соответствии с ГОСТ 8.301—78 принимаем равной 0,2 мм.

3.2. Погрешность δx_2 от измерения температуры окружающей среды термометром с ценой деления 1°С (погрешность измерения равна 0,5°С) составляет

$$\delta x_2=L\alpha\Delta t=3600\cdot12{,}5\cdot10^{-6}\cdot0{,}5\approx0{,}22 \text{ мм}.$$

3.3. Погрешность δx_3 от колебания силы натяжения рулетки составляет

$$\delta x_3=\frac{L\Delta P}{FE}=\frac{3600\cdot10}{2\cdot2\cdot10^5}=0{,}09\approx0{,}1 \text{ мм},$$

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

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

$E=2\cdot10^5$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

$$\delta x_4=0{,}3\sqrt{2}\approx0{,}4 \text{ мм},$$

4. Определяем расчетную суммарную погрешность измерения по формуле (1) настоящего приложения, учитывая, что δx_1 — систематическая погрешность, а δx_2, δx_3 и δx_4 — случайные:

$$\delta x_{\Sigma met}=\sqrt{\delta x_2^2+\delta x_3^2+\delta x_4^2+\delta x_1^2}=\sqrt{0{,}22^2+0{,}1^2+0{,}4^2+0{,}2^2}=\sqrt{26}\approx0{,}5 \text{ мм}.$$

5. Данные метод и средство измерения могут быть приняты для выполнения измерений, так как расчетная суммарная погрешность измерения $\delta x_{\Sigma met}=0{,}5$ мм меньше предельной $\delta x_{met}=0{,}8$ мм, что соответствует требованию п. 5.1 настоящего стандарта. Если условия измерений будут отличаться от нормальных, приведенных в п. 6.2, в результаты измерения следует вводить поправки в соответствии с рекомендуемым приложением 2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

СПОСОБЫ ИСКЛЮЧЕНИЯ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ

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.

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);

погрешность шкалы средства измерения;

погрешность, возникающую вследствие несовпадения направлений линии измерения и измеряемого размера.

3. Поправки по указанным погрешностям вычисляют в соответствии с указаниями таблицы.

Поправки для исключения систематических погрешностей

Наименования поправок	Указания по определению поправок
1. Поправка на температуру окружающей среды	$\delta x_{cor,t} = -L[\alpha_1(t_1 - 20°C) - \alpha_2(t_2 - 20°C)]$
2. Поправка на атмосферное давление	Определяется при применении электронно-оптических средств измерений в соответствии с эксплуатационной документацией
3. Поправка на относительную влажность окружающего воздуха	$\delta x_{cor,w}$ определяется: 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
4. Поправка на относительную скорость внешней среды	$\delta x_{cor,c} = \frac{Q^2 l_{nom}}{24 P^2}$
5. Поправка на длину шкалы средства измерения	$\delta x_{cor,l} = \frac{L}{l_{nom}} \Delta l$

Продолжение

Наименования поправок	Указания по определению поправок
6. Поправка на несовпадение направлений линии измерения и измеряемого размера	$\delta x_{cor,h}=\frac{h^2}{2L}$
7. Поправка на рефракцию	$\delta x_{cor,r}$ — определяется при применении оптических или электронно-оптических приборов в зависимости от условий измерения по специальной методике

Обозначения, принятые в таблице:

L — непосредственно измеряемый размер, мм;

l_{nom} — номинальная длина мерного прибора, мм;

l_i — действительная длина мерного прибора, мм;

$$\Delta l=l_i-l_{nom};$$

α_1, α_2 — коэффициенты линейного расширения средства измерения и объекта, 10^{-6} град$^{-1}$;

t_1, t_2 — температура средства измерения и объекта, °С;

h — величина отклонения направления измерения от направления измеряемого размера, мм;

Q — предельное значение допустимой силы ветра, Н;

P — сила натяжения мерного прибора (рулетки, проволоки), Н.

4. Поправки могут не вноситься, если действительная погрешность измерения не превышает предельной.

Пример. Получен результат измерения длины стальной фермы $x_i=24003$ мм. Измерение выполнялось 30-метровой рулеткой из нержавеющей стали при $t=-20$°С. При этом $\alpha_1=20{,}5\cdot10^{-6}$, $\alpha_2=12{,}5\cdot10^{-6}$, $t_1=t_2=-20$°С.

$$\delta x_{cor,t}=-24003[20{,}5\cdot10^{-6}(-20-20)-12{,}5\cdot10^{-6}(-20-20)]\approx7{,}7 \text{ мм}.$$

Действительную длину x_i фермы с учетом поправки на температуру окружающей среды следует принять равной

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Рекомендуемое

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Оценку точности измерений производят

предварительно до начала измерений путем обработки результатов специально выполненных наблюдений;

после окончания измерений путем обработки результатов наблюдений, выполненных в процессе этих измерений.

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

Общее число наблюдений 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 требованиями п. 6.6 настоящего стандарта.

3. Оценку точности измерений производят путем определения действительной погрешности измерения $\delta x_{s,\,met}$ и сравнения ее с предельной погрешностью δx_{met}.

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

4. Действительную погрешность измерения при многократных наблюдениях определяют по формуле

$$\delta x_{s,\,met} = t S_{x,\,met}, \qquad (1)$$

где $S_{x,\,met}$ — средняя квадратическая погрешность измерения;
t — коэффициент (принимают по табл. 1).

Таблица 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

Среднюю квадратическую погрешность измерения при многократных наблюдениях параметра определяют по формуле

$$S_{x,\,met} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{M}(x_j - \bar{x})^2}{m(M-1)}}, \qquad (2)$$

где x_j — результат наблюдения;

x — результат измерения, полученный по многократным наблюдениям параметра (среднее арифметическое);

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

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

Если при измерениях используются средства и методы, для которых из специально выполненных ранее измерений или из эксплуатационной документации установлена средняя квадратическая погрешность наблюдения S_{met}, то действительную погрешность измерения определяют по формуле

$$\delta x_{s,\,met}=t\cdot\frac{S_{met}}{\sqrt{m}}. \qquad (3)$$

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

$$\delta x_{s,\,met}=|\delta x_{m,\,met}|+tS_{x,\,met}, \qquad (4)$$

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

Пример. Произвести предварительную оценку точности измерений длинномером длины изделий при контроле точности их изготовления. Измерение длины каждого изделия в процессе контроля будут выполняться при числе наблюдений $m=2$.

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

Результаты наблюдений и последовательность их обработки приведены в табл. 2 (для упрощения приведены результаты только 10 наблюдений, т. е. $M=10$).

Таблица 2

Номера наблюдений	Отсчеты по длинномеру		Размеры, полученные в результате наблюдений	x_j-x_0	$(x_j-x_0)^2$	$\bar{x}-x_j$	$(\bar{x}-x_j)^2$
	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
	Обратно						
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
				Σ52	Σ346	Σ—2	Σ76

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

Принимаем $\bar{x}=3205{,}0$ с ошибкой округления $a = -0{,}2$; x_0 — наименьший результат из всех наблюдений, $x_0=3200$.

Контроль правильности вычислений:

$$1.\ \sum_{j=1}^{M}(\bar{x}-x_j)=a\cdot M=-0{,}2\cdot 10=-2;$$

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

Среднюю квадратическую погрешность результата измерений находят по формуле 2 настоящего приложения

$$S_{x,\,met}=\sqrt{\frac{76}{2(10-1)}}=2{,}0\text{ мм}.$$

Действительная погрешность измерения

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

Предельную погрешность измерения находят по формуле (2) настоящего стандарта. При допуске на длину 20 мм

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

Проверяем соблюдение условия (1) настоящего стандарта: $5{,}0>4{,}0$ мм.

Действительная погрешность измерения не соответствует требуемой, должны быть приняты другие средства измерений или увеличено количество наблюдений m. Принимаем $m=4$, тогда

$$S_{x,\,met}=\sqrt{\frac{76}{4(10-1)}}=1{,}4\text{ мм};$$

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

6. При двойных наблюдениях близких по значению линейных размеров среднюю квадратическую и остаточную систематическую погрешность результата измерения определяют в соответствии с табл. 3. При этом имеется ввиду, что наблюдения являются равноточными в паре и между парами.

Таблица 3

Наименования вычислительных операций	Формулы для вычисления
1. Определение разностей d_j в каждой паре наблюдений	$d_j = x_{j1} - x_{j2}$
2. Вычисление остаточной систематической погрешности наблюдений $\delta x_{m,\,met}$	$\delta x_{m,met} = \dfrac{\sum\limits_{j=1}^{M'} d_j}{M'}$
3. Проверка значимости остаточной систематической погрешности	$\left\lvert \sum\limits_{j=1}^{M'} d_j \right\rvert \leqslant 0{,}25 \sum\limits_{j=1}^{M'} \lvert d_j \rvert$
4. Вычисление средней квадратической погрешности результата измерения $S_{x,\,met}$, если условие 3 выполняется. В этом случае при использовании формулы (1) остаточная систематическая погрешность не учитывается	$S_{x,met} = \sqrt{\dfrac{\sum\limits_{j=1}^{M'} d_j^2}{4M'}}$
5. Определение разностей в каждой паре наблюдений d'_j с исключением остаточной систематической погрешности	$d'_j = d_j - \delta x_{m,met}$
6. Проверка правильности вычислений	$\sum\limits_{j=1}^{M'} d'_j = \sum\limits_{j=1}^{M'} d_j - \delta x_{m,met} \cdot M'$
	$\sum\limits_{j=1}^{M'} d'^2_j = \sum\limits_{j=1}^{M'} d_j^2 - \dfrac{\left[\sum\limits_{j=1}^{M'} d_j\right]^2}{M'}$
7. Вычисление средней квадратической погрешности $S'_{x,met}$ результата измерений без учета остаточной систематической погрешности (в случае, если условие (3) не выполняется)	$S'_{x,met} = \sqrt{\dfrac{\sum\limits_{j=1}^{M'} d'^2_j}{4(M'-1)}}$

Обозначения, принятые в табл. 3:

x_{j1}, x_{j2} — результаты первого и второго наблюдений в паре параметра в одном из установленных сечений (мест). Для обеспечения правильной оценки все первые наблюдения в установленных сечениях (местах) выполняют в одном направлении (или при одной установке прибора) и все вторые — в обратном направлении (или при симметричной установке прибора), а запись результатов наблюдений — в строгом соответствии с порядком их выполнения;

M' — число пар наблюдений $\left(M' = \dfrac{M}{2}\right)$.

Пример. Произвести оценку точности измерений, выполненных методом бокового нивелирования двойными наблюдениями при контроле отклонений от разбивочных осей низа 7 смонтированных колонн. Произведено 7 пар наблюде-

ний при двухкратной установке теодолита над центром пункта пространственной геодезической сети, которые являются равноточными в паре и между парами. Результаты наблюдений и последовательность их обработки приведены в табл. 4.

Таблица 4

Номера пар наблюдений	Результаты наблюдений		$d_j = x_{j1} - x_{j2}$	d_j^2	$d'_j = d_j - \delta x_{m,met}$	$d_j'^2$
	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
			Σ4	Σ30	Σ—0,2	Σ28

Вычисляют остаточную систематическую погрешность и проверяют ее значимость:

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

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

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

Проверка правильности вычислений

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

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

Средняя квадратическая погрешность результата измерения

$$S_{x,\,met} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{M'} d_j'^2}{4(M'-1)}} = \sqrt{\frac{28{,}0}{4(7-1)}} = 1{,}1 \text{ мм}.$$

Действительная погрешность измерения

$$\delta x_{s,\,met}=|\delta x_{m,\,met}|+tS_{x,\,met}=0{,}6+3\cdot 1{,}1=3{,}9 \text{ мм}$$

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

Предельная погрешность измерения при допуске совмещения ориентиров при установке колонн $\Delta x=24$ по ГОСТ 21779—82

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

Проверяем соблюдение условия (1) настоящего стандарта: 3,9 мм<4,8 мм.

Действительная точность соответствует требуемой.

7. При двойных наблюдениях, существенно различных по значению между парами линейных размеров, среднюю квадратическую и остаточную систематическую погрешность результата измерений определяют в соответствии с табл. 5. При этом наблюдения в паре являются равноточными, а между парами — неравноточными.

Таблица 5

Наименования вычислительных операций	Формулы для вычислений
1. Определение разностей d_j в каждой паре наблюдений	$d_j=x_{j1}-x_{j2}$
2. Вычисление весов разностей Pd_j	$Pd_j=\dfrac{C}{2x_j}$
3. Вычисление остаточной систематической погрешности $\delta x_{m,\,met}$	$\delta x_{m,met}=\dfrac{\sum\limits_{j=1}^{M'} Pd_j\cdot d_j}{\sum\limits_{j=1}^{M'} Pd_j}$
4. Проверка значимости остаточной систематической погрешности	$\left\|\sum\limits_{j=1}^{M'} d_j\sqrt{Pd_j}\right\|\leqslant 0{,}25\sum\limits_{j=1}^{M'}\left\|d_j\sqrt{Pd_j}\right\|$
5. Вычисление средней квадратической погрешности результата измерения в каждой паре, если условие (4) выполняется	$S_{x,met}=\sqrt{\dfrac{\sum\limits_{j=1}^{M'} Pd_j\cdot d_j^2}{4M'Pd_j}}$
6. Определение разностей в каждой паре наблюдений d'_j с исключением остаточной систематической погрешности	$d'_j=d_j-\delta x_{m,met}$
7. Проверка правильности вычислений	$\sum\limits_{j=1}^{M'} d'_j=\sum\limits_{j=1}^{M'} d_j-\delta x_{m,met}\cdot M'$
	$\sum\limits_{j=1}^{M'} d'^2_j=\sum\limits_{j=1}^{M'} d_j^2-\dfrac{\left[\sum\limits_{j=1}^{M'} d_j\right]^2}{M'}$

Продолжение табл. 5

Наименования вычислительных операций	Формулы для вычислений
8. Вычисление средней квадратической погрешности результата измерения в каждой паре наблюдений, если условие (4) не выполняется	$S'_{x,met}=\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{M'} Pd_j \cdot d_j'^2}{4Pd_j(M'-1)}}$

Обозначения, принятые в табл. 5:
C — любая постоянная величина;
остальные — см. выше.

Пример. Произвести оценку точности измерений, выполняемых рулеткой при контроле точности детальных разбивочных работ двойными наблюдениями расстояний между разбивочными осями.

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

Выполнено 8 пар наблюдений (по числу имеющихся в натуре ориентиров).

Таблица 6

№№ п/п.	Наблюдения x_{j1}, мм	Наблюдения x_{j2}, мм	$d_j=x_{j1}-x_{j2}$	d_j^2	$Pd_j=\frac{1}{2x_j}$	$Pd_j d_j^2$	$4M'Pd_j$	$S_{x,met}$	$\delta x_{s,met}$	δx_{met}
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 остаточную систематическую погрешность и проверяют ее значимость

$$\delta x_{m,\,met}=\frac{\sum_{j=1}^{M'} Pd_j \cdot d_j}{\sum_{j=1}^{M'} Pd_j}=-0{,}03 \text{ мм}.$$

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

Следовательно, остаточной систематической погрешностью можно пренебречь.

Действительные абсолютные погрешности измерения для каждой пары наблюдений вычислены в табл. 6 при $t=2,2$ ($M=16$, доверительная вероятность 0,95).

Предельные погрешности измерений для каждой пары наблюдений, вычисленные по формуле (2) настоящего стандарта, приведены в табл. 6. Допуски на разбивку осей в плане определялись по табл. 5 ГОСТ 21779—82 соответственно 6-му классу точности.

Действительные погрешности измерений, в основном, не превышают требуемых. Наблюдения с порядковым номером 4 следует повторить при $m=3\div4$.

Редактор *В. П. Огурцов*
Технический редактор *Н. В. Келейникова*
Корректор *Б. А. Мурадов*

Сдано в наб. 02.04.85 Подп. в печ. 17.06.85 1,25 усл. п. л. 1,25 усл. кр.-отт. 1,15 уч.-изд. л.
Тир. 30.000 Цена 5 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6. Зак. 450