

Межгосударственный стандарт ГОСТ 26433.2-94
"Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений"
(введен постановлением Минстроя РФ от 20 апреля 1995 г. N 18-38)

System of ensuring geometric parameters accuracy in building. Rules for measuring parameters of buildings and works

Дата введения 1 января 1996 г.
Введен впервые

[1. Область применения](#)

[2. Нормативные ссылки](#)

[3. Обозначения](#)

[4. Требования](#)

[Приложение А. Схемы и примеры применения средств и методов измерений](#)

[Приложение Б. Основные средства измерений геометрических параметров для производства строительных и монтажных работ](#)

[Приложение В. Примеры расчета необходимой точности измерений и выбора методов и средств ее обеспечения](#)

1. Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основные правила измерений геометрических параметров при выполнении и приемке строительных и монтажных работ, законченных строительством зданий, сооружений и их частей. Номенклатура параметров, измерения которых осуществляют в соответствии с настоящим стандартом, определена ГОСТ 21779 и ГОСТ 26607.

2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:
ГОСТ 427-75 Линейки измерительные металлические. Технические условия
ГОСТ 3749-77 Угольники поверочные 90°. Технические условия
ГОСТ 5378-88 Угломеры с нониусом. Технические условия
ГОСТ 7502-89 Рулетки измерительные металлические. Технические условия

Взамен ГОСТ 7502-89 постановлением Госстандарта РФ от 27 июля 1999 г. N 220-ст с 1 июля 2000 г. введен в действие ГОСТ 7502-98

ГОСТ 7948-80 Отвесы стальные строительные. Технические условия
ГОСТ 9389-75 Проволока стальная углеродистая пружинная. Технические условия
ГОСТ 10528-90 Нивелиры. Общие технические условия
ГОСТ 10529-86 Теодолиты. Общие технические условия

Взамен ГОСТ 10529-86 постановлением Госстандарта РФ от 26 июня 1997 г. N 232 введен в действие с 1 июля 1998 г. ГОСТ 10529-96

ГОСТ 17435-72 Линейки чертежные. Технические условия
ГОСТ 19223-90 Светодальномеры геодезические. Общие технические условия
ГОСТ 21779-82 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски
ГОСТ 26433.0-85 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Общие положения
ГОСТ 26433.1-89 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления
ГОСТ 26607-85 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Функциональные допуски

3. Обозначения

3 ОБОЗНАЧЕНИЯ

| | |
|--|--|
| $x_i, \delta x_i$ | — определяемый геометрический параметр; |
| l_i, α_i, β_i | — измеренные длина отрезка прямой линии, горизонтальный и вертикальный углы, соответственно; |
| a_i | — отсчет по шкале рулетки, линейки, рейки, взятый по риску (ориентир) на конструкции, сетке нитей зрительной трубы, нитке или острию отвеса и другому отсчетному устройству; |
| a'_i | — отсчеты при повторном наблюдении, например, при обратной перестановке сосудов гидростатического нивелира, при втором положении вертикального круга зрительной трубы теодолита, по шкале отсчетного устройства микронивелира при его развороте на 180° , при втором горизонте нивелира и т.д.; |
| l_{oi}, α_{oi} | — заранее известные длина или угол; |
| L | — заданный интервал линейного размера; |
| x, y, z | — прямоугольные координаты; |
| H_i, h_i | — действительные отметка и превышение, соответственно; |
| $X_{ном}, Y_{ном}, Z_{ном}, H_{ном}, h_{ном}, \alpha_{ном}, \beta_{ном}$ и т.д. | — номинальные значения геометрических параметров; |
| $\delta x, \delta y, \delta z, \delta H, \delta h, \delta \alpha, \delta \beta$ и т.д. | — отклонения от номинальных значений; |
| $\delta x_{cor}, i$ | — по ГОСТ 26433.0; |
| R_i, r_i | — действительные значения радиусов; |
| $\rho'' = 206265$ | — число секунд в радиане. |

"Обозначения"

| | |
|--|--|
| $x_i, \delta x_i$ | — определяемый геометрический параметр; |
| l_i, α_i, β_i | — измеренные длина отрезка прямой линии, горизонтальный и вертикальный углы, соответственно; |
| a_i | — отсчет по шкале рулетки, линейки, рейки, взятый по риску (ориентир) на конструкции, сетке нитей зрительной трубы, нитке или острию отвеса и другому отсчетному устройству; |
| a'_i | — отсчеты при повторном наблюдении, например, при обратной перестановке сосудов гидростатического нивелира, при втором положении вертикального круга зрительной трубы теодолита, по шкале отсчетного устройства микронивелира при его развороте на 180° , при втором горизонте нивелира и т.д.; |
| l_{oi}, α_{oi} | — заранее известные длина или угол; |
| L | — заданный интервал линейного размера; |
| x, y, z | — прямоугольные координаты; |
| H_i, h_i | — действительные отметка и превышение, соответственно; |
| $x_{ном}, y_{ном}, z_{ном}, H_{ном}, h_{ном}, \alpha_{ном}, \beta_{ном}$ и т.д. | — номинальные значения геометрических параметров |
| $\delta x, \delta y, \delta z, \delta H, \delta h, \delta \alpha, \delta \beta$ и т.д. | — отклонения от номинальных значений; |

т.д.
дельта $x_{cor, i}$ - по ГОСТ 26433.0;
 R_i, r_i - действительные значения радиусов;
 $\rho'' = 206265$ - число секунд в радиане.

4. Требования

4.1. Общие требования к выбору методов и средств измерений, выполнению измерений и обработке их результатов - по ГОСТ 26433.0.

4.2. Измерения выполняют в соответствии со схемами, приведенными в [приложении А](#).

Предпочтительными являются прямые измерения параметра. При невозможности или неэффективности прямого измерения выполняют косвенное измерение. В этом случае значение параметра определяют по приведенным зависимостям на основе результатов прямых измерений других параметров.

При измерениях с помощью геодезических приборов следует учитывать методики, аттестованные в установленном порядке.

4.3. Для измерения линейных размеров и их отклонений применяют линейки по ГОСТ 427 и ГОСТ 17435, рулетки по ГОСТ 7502, светодальномеры по ГОСТ 19223 и другие специальные средства измерения, аттестованные в установленном порядке.

4.4. Для измерения горизонтальных и вертикальных углов применяют теодолиты по ГОСТ 10529, для измерения вертикальных углов - оптические квадранты по действующей НТД, а для измерения углов между гранями и ребрами строительных конструкций и их элементов - угломеры по ГОСТ 5378 и поверочные угольники по ГОСТ 3749.

4.5. Для измерения превышений между точками применяют нивелиры по ГОСТ 10528 и гидростатические высотомеры.

4.6. Для измерений отклонений от вертикальности применяют отвесы по ГОСТ 7948 и теодолиты совместно со средствами линейных измерений, а также средства специального изготовления, аттестованные в установленном порядке.

4.7. Для измерения отклонений от прямолинейности (створности) и плоскостности применяют теодолиты, нивелиры, трубы визирные, а также средства специального изготовления (стальные струны, разметочный шнур, капроновые лески, плоскомеры оптические, лазерные визиры и др.) совместно со средствами линейных измерений.

4.8. Правила измерений, выполняемых штангенинструментом, нутромерами, скобами, калибрами, индикаторами часового типа, щупами, микроскопами, принимают по ГОСТ 26433.1.

4.9. Средства измерений, обеспечивающие требуемую по ГОСТ 26433.0 точность измерений, а также значения предельных погрешностей средств измерений, которые могут быть использованы при выборе средств и методов измерений, приведены в [приложении Б](#).

Примеры расчета точности измерений, выбора методов и средств ее обеспечения приведены в [приложении В](#).

4.10. Места измерений геометрических параметров для операционного контроля в процессе строительных и монтажных работ и приемочного контроля законченных этапов или готовых зданий и сооружений принимают в соответствии с проектной и технологической документацией. В случае отсутствия указаний в проектной и технологической документации места измерений принимают по настоящему стандарту.

4.11. Размеры помещений - длину, ширину, высоту измеряют в крайних сечениях, проведенных на расстоянии 50 - 100 мм от краев и в среднем сечении при размерах помещений св. 3 м не более 12 м. При размерах св. 12 м между крайними сечениями измерения выполняют в дополнительных сечениях.

4.12. Отклонения от плоскостности поверхностей конструкций и отклонения от плоскости монтажного горизонта измеряют в точках, размеченных на контролируемой поверхности по прямоугольной сетке или сетке квадратов с шагом от 0,5 до 3 м. При этом крайние точки должны располагаться в 50 - 100 мм от края контролируемой поверхности.

4.13. Отклонения от прямолинейности определяются по результатам измерений расстояний реальной линии от базовой прямой в трех точках, размеченных на расстояниях 50 - 100 мм от ее краев и в середине, или в точках, размеченных с заданным в проекте шагом.

4.14. Отклонение от вертикальности определяется по результатам измерения расстояний от отвесной базовой линии до двух точек конструкции, размеченных в одном вертикальном сечении на расстояниях 50 - 100 мм от верхнего и нижнего обреза конструкции. Вертикальность колонн и сооружений башенного типа контролируется в двух взаимно перпендикулярных сечениях, а вертикальность стен - в крайних сечениях, а также в дополнительных сечениях, в зависимости от особенностей конструкции.

4.15. Измерения зазоров, уступов, глубины опирания, эксцентриситетов производятся в характерных местах, влияющих на работу стыковых соединений.

4.16. Измерение отклонения элементов конструкций, а также зданий и сооружений от заданного положения в плане и по высоте выполняется в точках, расположенных в крайних сечениях или на расстояниях 50 - 100 мм от края.

4.17. Геодезические пункты разбивочных сетей и ориентиры осей закрепляются на местности и на строительных конструкциях знаками, обеспечивающими требуемую точность разбивочных работ и сохранность ориентиров в процессе строительства и эксплуатации (при необходимости).

4.18. В зависимости от материала, размеров, особенностей геометрической формы и назначения зданий и сооружений могут применяться также не предусмотренные настоящим стандартом средства, обеспечивающие требуемую точность измерений по ГОСТ 26433.0.

Приложение А (Рекомендуемое)

СХЕМЫ И ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ

| Наименование измеренного параметра и метода измерения | Схемы применения методов и средств измерений | Формулы для получения измеренного параметра и поправки |
|--|--|--|
| <p>1. Линеальные размеры: длина, ширина, высота, глубина, диаметр, диаметр межосевой размер, табличные размеры и др.</p> <p>Измеренная расстояния:</p> <p>а) между двумя фиксированными точками б) между точкой и прямой, точкой и плоскостью, между двумя параллельными прямыми или плоскостями методом построения и измерения перпендикуляра:</p> <p>с помощью геодезических приборов и других средств угловых и линейных измерений</p> <p>прямыми линейками, рейками, рулетки в направлении, обеспечивающем кратчайшее расстояние</p> <p>1.1 Измерение размера рулеткой, линейкой и другими средствами линейных измерений, устанавливаемых непосредственно в сторону измеряемой длины, когда измеряемый размер:</p> <p>а) меньше длины мерного прибора</p> <p>б) больше длины мерного прибора</p> | | <p>$x_1 = a_{\text{изм}} - a_1$, где a_1 — начальный отсчет по шкале средства измерения в фиксированной точке; $a_{\text{изм}}$ — минимальный из отсчетов, полученных в процессе показывания рейки</p> <p>$x_1 = a_2 - a_1$, где a_1, a_2 — начальный и конечный отсчеты по шкале средства измерения соответственно;</p> <p>$x_1 = \sum_{i=1}^n (a_n - a_i) + \sum_{i=1}^n \delta_{\text{кор},i}$, где a_i, a_n — отсчеты по рулетке задний и передний по ходу соответственно; $\sum \delta_{\text{кор},i}$ — сумма поправок по ГОСТ 26433.0, исключивших известные систематические погрешности из результатов измерений</p> |

"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.1.1)

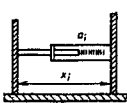
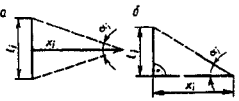
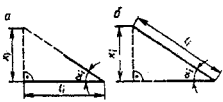
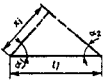
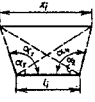
| Наименование измерительного прибора и метод измерения | Схемы применения метода в случае измерения | Формулы для вычисления измеряемого размера и погрешности |
|--|--|--|
| 1.2 Измерение размера резьбовых соединений микрометром или резьбовым измерителем | | Вычисляем по формуле, приведенной в инструкционной документации на данный тип измерителя |
| 1.3 Измерение зазора: а) линейкой | | $x_1 = a_1 - a_2$ |
| б) микрометром | | $x_1 = a_1$ а ₁ — отсчет по микрометрическому калибру |
| в) штангенциркулем | | $x_1 = a_1$ |
| 1.4 Измерение глубины отверстия: а) линейкой в доступном месте | | $x_1 = a_1 - a_2$ |
| б) линейкой — шурупом в перпендикулярном сечении через теплоотсечное кольцо (калориметр порочаба (электропроба) или специально предназначенное отверстие | | $x_1 = a_1$ |
| в) посредством измерительной линейки перевернутой частью сечения и толщины несущей стены | | $x_1 = b_1 - b_2$ где b_1 — известная или измеренная толщина несущей стены; b_2 — измеренная ширина перевернутой части сечения |
| г) вставив узкую иглу в отверстие и покрывая ее покрывной пленкой (линейкой) расстояния от риски на игле перевернутой до выступающей ступеньки выноски; риска на игле приворачивается наружу, зазор фиксируется расстоянием от края иглы | | $x_1 = b_1 - b_2$ где b_1 — известное расстояние от края иглы до фиксированной риски; b_2 — измеренный размер |

"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.п.1.2-1.4)

| Наименование измерительного прибора и метод измерения | Схемы применения метода в случае измерения | Формулы для вычисления измеряемого размера и погрешности |
|---|--|--|
| 1.5 Измерение размера резьбы на цилиндрической поверхности | | $x_1 = a_1 - a_2$ $\delta x_1 = \delta a_1 - \delta a_2$ |
| 1.5.1 Измерение размера резьбы на цилиндрической поверхности | | $x_1 = a_1 - a_2$ $\delta x_1 = \delta a_1 - \delta a_2$ |
| 1.5.2 Измерение наружного диаметра цилиндрической поверхности | | $x_1 = b_1 - b_2 - a_1 - a_2$ где b_1, b_2 — отсчеты по диаметру по диаметру |
| а) в перпендикулярном сечении цилиндрической поверхности | | |
| б) при измерении по касательной к цилиндрической поверхности | | $x_1 = b_1 - b_2 - a_1 - a_2$ где b_1, b_2 — отсчеты по диаметру по диаметру по касательной к цилиндрической поверхности |
| в) при измерении по касательной к цилиндрической поверхности | | $x_1 = b_1 - b_2 - a_1 - a_2$ где b_1, b_2 — отсчеты по диаметру по диаметру по касательной к цилиндрической поверхности |
| 1.5.3 Измерение внутреннего диаметра цилиндрической поверхности | | $x_1 = a_1 - a_2 - AP_1$ $\delta x_1 = \delta a_1 - \delta a_2 - \delta AP_1$ |
| а) в перпендикулярном сечении цилиндрической поверхности | | |
| б) при измерении по касательной к цилиндрической поверхности | | $x_1 = a_1 - a_2 - AP_1$ $\delta x_1 = \delta a_1 - \delta a_2 - \delta AP_1$ где a_1, a_2 — отсчеты по диаметру по диаметру по касательной к цилиндрической поверхности |
| 1.5.4 Измерение внутреннего диаметра цилиндрической поверхности | | $x_1 = a_1 - a_2 - AP_1$ $\delta x_1 = \delta a_1 - \delta a_2 - \delta AP_1$ где a_1, a_2 — отсчеты по диаметру по диаметру по касательной к цилиндрической поверхности |
| а) в перпендикулярном сечении цилиндрической поверхности | | |
| б) при измерении по касательной к цилиндрической поверхности | | $x_1 = a_1 - a_2 - AP_1$ $\delta x_1 = \delta a_1 - \delta a_2 - \delta AP_1$ где a_1, a_2 — отсчеты по диаметру по диаметру по касательной к цилиндрической поверхности |
| 1.6 Измерение расстояния между двумя точками | | $x_1 = a_1 - a_2$ где a_1, a_2 — отсчеты по длине |


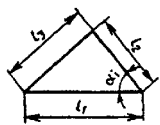
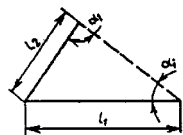
"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.п.1.5-1.6)

Продолжение таблицы А.1

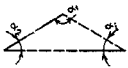
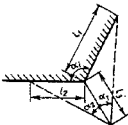
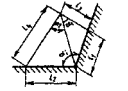
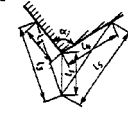
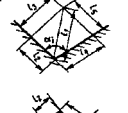

| Наименование измеренного параметра и метода измерений | Схемы применения метода и средств измерений | Формулы для вычисления измеренного параметра и пояснения |
|--|---|---|
| 1.7 Измерение расстояния между двумя вертикальными плоскостями развальной рейкой |  | $x_2 = a_1$ |
| 1.8 Косвенные измерения линейных размеров | | |
| 1.8.1 Измерение расстояния между двумя фиксированными точками методом параллельного треугольника |  | а) $x_2 = \frac{l_2}{\sin \alpha}$ б) $x_2 = l_2 \operatorname{ctg} \alpha$, где l_2 — известный размер; α — измеренный горизонтальный угол |
| 1.8.2 Измерение расстояния между фиксированной точкой и прямой |  | а) $x_2 = l_2 \operatorname{tg} \alpha$; б) $x_2 = l_2 \sin \alpha$ |
| 1.8.3 Измерение расстояния до недоступной точки методом микротрансуляции |  | $x_2 = \frac{l_1 \sin \alpha_1}{\sin (\alpha_1 + \alpha_2)}$ |
| 1.8.4 Измерение расстояния между двумя недоступными точками методом микротрансуляции |  | $x_2 = \sqrt{\frac{\sin^2 \alpha_1}{\sin^2 (\alpha_1 + \alpha_2)} + \frac{\sin^2 \alpha_3}{\sin^2 (\alpha_3 + \alpha_4)} - \frac{2 \sin \alpha_1 \sin \alpha_3 \cos (\alpha_4 - \alpha_2)}{\sin (\alpha_1 + \alpha_2) \sin (\alpha_3 + \alpha_4)}}$ |

"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.п.1.7-1.8)

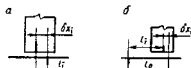
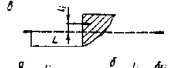
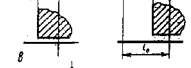
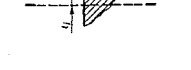
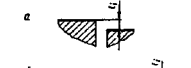
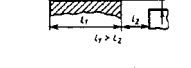
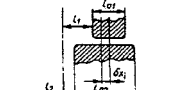
Продолжение таблицы А.1

| Наименование измеренного параметра и метода измерений | Схемы применения метода и средств измерений | Формулы для вычисления измеренного параметра и пояснения |
|--|---|--|
| 2 Угловые размеры: горизонтальные и вертикальные углы; углы образованные пересечением осей и плоскостей | | |
| 2.1 Прямое измерение углового размера методом сравнения со шкалой угломерного прибора (теодолита, квадранта и др.) |  | α_1, β_1 — горизонтальные и вертикальные углы, соответственно, измеряются и вычисляются по методикам и формулам, приведенным в эксплуатационной документации на данный тип угломерного прибора. |
| 2.2 Косвенные измерения углового размера | | |
| 2.2.1 Метод построения и решения треугольника: | | |
| а) по трем измеренным сторонам l_1, l_2, l_3 |  | $\alpha_1 = \arccos \frac{l_1^2 + l_2^2 - l_3^2}{2l_1 l_2}$ |
| б) по измеренным углу α_1 и двум сторонам l_1 и l_2 |  | $\alpha_2 = \arcsin \frac{l_2 \sin \alpha_1}{l_1}$ |

"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.п.2-2.2.1(б))

| Назначение измеренного параметра и метод измерения | Схем применения методов и средств измерений | Формулы для вычисления измеренного параметра и погрешности |
|--|---|---|
| <p>в) по измеренным дугам углов α_1 и α_2</p> <p>2.2.2 Метод построения и решение задач треугольников:</p> <p>в) по измеренным дугам углов α_1, α_2 и трем сторонам l_1, l_2, l_3</p> |    | $\alpha_1 = 180 - (\alpha_1 + \alpha_2)$ $\alpha_1 = \alpha_1 + \alpha_2 + \arcsin \frac{l_3 \sin \alpha_2}{l_1} + \arcsin \frac{l_3 \sin \alpha_1}{l_2}$ $\alpha_1 = \arcsin \frac{l_2}{l_1} \sin \alpha_2 + \arcsin \frac{l_1}{l_2} \sin \alpha_1$ |
| <p>б) по пяти измеренным сторонам l_1, l_2, l_3, l_4, l_5</p> <p>2.2.3 Метод построения вспомогательного угла и измерение отрезков l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6</p> | <p>а</p>  <p>б</p>   | $\alpha_1 = 360^\circ - \arccos \frac{l_1^2 + l_2^2 - l_3^2}{2l_1 l_2} - \arccos \frac{l_1^2 + l_4^2 - l_5^2}{2l_1 l_4}$ $\alpha_1 = \arccos \frac{l_1^2 + l_2^2 - l_3^2}{2l_1 l_2} + \arccos \frac{l_1^2 + l_4^2 - l_5^2}{2l_1 l_4}$ $\alpha_1 = \alpha_1 - \arcsin \frac{l_2 - l_1}{l_4} - \arcsin \frac{l_4 - l_1}{l_5}$ |

"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.п.2.2.1(в)-2.2.3)

| Назначение измеренного параметра и метод измерения | Схем применения методов и средств измерений | Формулы для вычисления измеренного параметра и погрешности |
|---|--|--|
| <p>3 Отклонение от совпадения ориентиров, совпадения осей, симметричности установок, совпадения поверхностей</p> <p>Измеряются в стыковом соединении или на интервале l отклонения от совпадения:</p> <p>а) ориентира на поверхности конструкции с ориентиром разбивочной оси</p> <p>б) грани элемента конструкции с ориентиром разбивочной оси</p> <p>в) грани элементов конструкции</p> <p>г) отклонение от совпадения осей или симметричности установок</p> | <p>а</p>  <p>б</p>  <p>а</p>  <p>б</p>  <p>а</p>  <p>б</p>  <p>г</p>  | <p>а) $\delta x_1 = l_1$;</p> <p>б) $\delta x_2 = l_1 - l_2$;</p> <p>а) $\delta x_1 = l_1$;</p> <p>а) $\delta x_1 = l_1$;</p> <p>б) $\delta x_2 = l_1 - l_2$;</p> <p>в) $\delta x_1 = l_1$;</p> <p>$\delta x_1 = l_1$</p> <p>$\delta x_1 = l_1$</p> <p>$\delta x_1 = l_1 - l_2 - \frac{ l_1 - l_2 }{2}$</p> |

"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.3)

Продолжение таблицы А.1

| Наименование измеренного параметра и метода измерений | Схема применения метода и средств измерений | Формулы для вычисления измеренного параметра и пояснения |
|---|---|--|
| <p>3.1 Прямое измерение отклонения от совмещения ориентиров</p> <p>3.1.1 Измерение с помощью шаблона с линейкой</p> | | $\delta x_i = a_i$ |
| <p>3.1.2 Измерение линейкой отклонений от створа, заданного теодолитом:</p> <p>а) створ проходит по разбивочной оси</p> <p>б) створ проходит по границе стены</p> | | $l_i = a_0 - \frac{1}{2}(a_i + a'_i) = a_0 - \bar{a}_i $ $\delta x_i = l_i$ |
| <p>3.1.3 Измерение линейкой отклонений от створа, заданного струной и отвесом и произведенного через ориентиры разбивочной осью</p> | | $\delta x_i = h - l_i$ $\delta x_i = a_{1i} - a_{2i}$ |

"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.3.1)

Продолжение таблицы А.1

| Наименование измеренного параметра и метода измерений | Схема применения метода и средств измерений | Формулы для вычисления измеренного параметра и пояснения |
|---|---|---|
| <p>4 Отклонение от заданного положения точки в плане</p> <p>4.1 Косвенные измерения с использованием средств линейных и угловых измерений (теодолит, рулетка и др.)</p> | | $\delta r_i = \sqrt{\delta^2 x_i + \delta^2 y_i}$ |
| <p>4.1.1 Метод полярных координат</p> | | $\delta x_i = x_i - x_{ном}$ $\delta y_i = y_i - y_{ном}$ $\delta r_i = \sqrt{\frac{l_i^2}{\rho^2} \delta^2 \alpha_i + \delta^2 l_i}$ |
| <p>4.1.2 Метод прямоугольных координат</p> | | $\delta r_i = \sqrt{(x_i - x_{ном})^2 + (y_i - y_{ном})^2}$ |

"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.п.4-4.1.2)

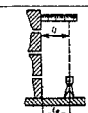
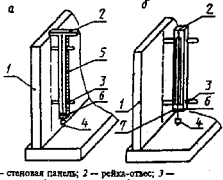
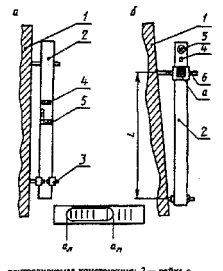
Продолжение таблицы А.1

| Наименование измеремого параметра и метода измерений | Схема применения метода и средств измерений | Формулы для вычисления измеремого параметра и пояснения |
|--|---|---|
| 4.1.3 Метод створной засечки | | $\delta r_1 = \frac{1}{\sin \alpha_1} \sqrt{r_{11}^2 + r_{21}^2 + 2l_1 l_2 \cos \alpha_1}$ |
| 4.1.4 Метод линейно-створной засечки | | $\delta r_1 = \sqrt{\left(\frac{\delta \alpha_1 l_1}{\rho}\right)^2 + \delta^2 l_1}$ $\delta l_1 = l_1 - l_{ном}$ $\delta \alpha_1 = \alpha_1 - 180^\circ$ |
| 4.1.5 Метод линейной засечки | | $\delta r_1 = \sqrt{\delta l_1^2 + \delta l_2^2 - 2\delta l_1 \delta l_2 \cos \alpha_{ном}}$ $\delta l_1 = l_1 - l_{ном}$ $\delta l_2 = l_2 - l_{ном}$ |
| 4.1.6 Метод прямой угловой засечки | | $\delta r_1 = \frac{l_0}{\rho \sin \gamma} \sqrt{\delta^2 \alpha_1 \sin^2 \alpha_2 + \delta^2 \alpha_2 \sin^2 \alpha_1 + 2\delta \alpha_1 \delta \alpha_2 \sin \alpha_1 \sin \alpha_2}$ |

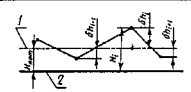
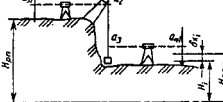
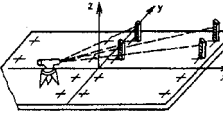
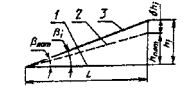
"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.п.4.1.3-4.1.6)

| Наименование измеремого параметра и метода измерений | Схема применения метода и средств измерений | Формулы для вычисления измеремого параметра и пояснения |
|---|---|---|
| <p>5 Складывает из створной линии валик, стальной валик, стел и другие измерительные и др. элементы</p> <p>Измеряется расстояние:</p> <p>а) от центра оси конструкции</p> | | <p>а) $h_1 = l_1$;</p> <p>б) $h_2 = l_1 - b$</p> |
| <p>б) вертикали грани (ребра) конструкции</p> | | <p>а) $h_1 = l_1$;</p> <p>б) $h_2 = l_1 - b$</p> |
| <p>в) точка закрепления оси (или ее ось) по вертикали на неподвижные предметы</p> | | <p>а) $h_1 = l_1$;</p> <p>б) $h_2 = l_1 - b$</p> |
| <p>1.1 Измерение с помощью оптического створного отвеса и дальномера:</p> <p>а) относительно боковой грани</p> <p>б) относительно вертикали оси конструкции</p> | | <p>а) $h_1 = l_1$;</p> <p>б) $h_2 = l_1 - b$</p> |
| <p>в) относительно боковой грани конструкции, висячей вертикальной отвеса по валику</p> | | <p>а) $h_1 = l_1 - b$;</p> <p>б) $h_2 = l_1 - b$;</p> <p>в) $h_3 = l_1 - b$;</p> <p>г) $h_4 = l_1 - b$;</p> |
| <p>5.2 Измерение с помощью теодолита и валика:</p> <p>а) валик установлен на рабочей оси</p> <p>б) валик установлен на оси, параллельной рабочей</p> | | <p>а) $h_1 = \frac{1}{2}(h_1 + h_2)$;</p> <p>б) $h_2 = \frac{1}{2}(h_1 + h_2) - h_0$;</p> <p>в) $h_3 = h_1 - h_0$;</p> <p>г) $h_4 = h_2 - h_0$;</p> |

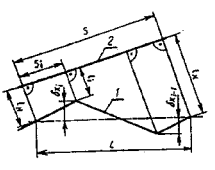
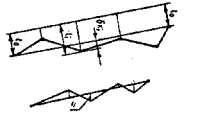
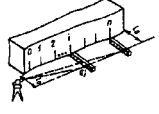

"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.п.5-5.2)

| Продолжение таблицы А.1 | Схемы применения методов и средств измерений | Формулы для вычисления измерительного параметра в высказании |
|--|--|--|
| <p>5.3 Измерение оптически контрольным рейкой</p> |  | $\Delta x_i = h_i - h$ |
| <p>5.4 Измерение рейкой-отвесом:</p> <p>а) навесной</p> <p>б) невесовой</p> |  <p>1 — стеновая панель; 2 — рейка-отвес; 3 — регулируемый упор; 4 — отвес; 5 — шкала на видовой рейке; 6 — шкала отклонений от вертикали; 7 — контрольный штифт</p> | $\Delta x_i = \frac{1}{2} (a_i + a_i')$ <p>где a_i — отсчет по нити условного отвеса относительно нулевого штриха шкалы; a_i' — то же, после поворота рейки на 180°; $a_i - a_i' \leq 2 \text{ мм}$</p> |
| <p>5.5 Измерение рейкой с уровнем:</p> <p>а) по шкале на уровне</p> <p>б) подвешенной шкалой рейки при положении центра пузырька в нуль-пункте</p> |  <p>1 — контролируемая конструкция; 2 — рейка с уровнем; 3 — регулируемый упор; 4 — уровень для контроля правильной установки рейки; 5 — уровень для измерения угла наклона контролируемой поверхности; 6 — измерительная подвешенная шкала</p> | <p>а)</p> $\Delta x_i = \frac{1}{2} (a_i - a_{i0} + a_{i0}' + a_{i0}) \cdot H$ <p>б)</p> $\Delta x_i = \frac{1}{2} (a_i + a_i') - 2M_0 \cdot H$ <p>где $a_i, a_{i0}, a_{i0}', a_{i0}$ — отсчеты по левому и правому концам пузырька уровня, соответствующие положениям рейки, соответственно; a_i, a_i' — отсчеты по подвешенному упору при прямом и обратном (развернутом на 180°) положении рейки, соответственно; M_0 — место нуля (определяют на вертикальной плоскости); H — цена деления уровня</p> |

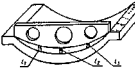

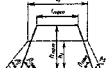
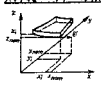
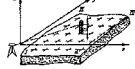

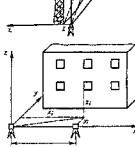
"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.п.5.3-5.5)

| Продолжение таблицы А.1 | Схемы применения методов и средств измерений | Формулы для вычисления измерительного параметра в высказании |
|---|--|--|
| <p>6 Отклонение точки конструктивной и ее элементов от проектных отметок на монтажном горизонте, в котловане и т.д.</p> |  <p>1 — горизонтальная линия нуль-плоскость, расположенная на проектной отметке; 2 — исходная горизонтальная плоскость, служащая началом отсчета отклонения вниз вышележащей отметки, равную нулю</p> | $\Delta h_i = H_i - H_{ном}$ |
| <p>6.1 Измерение методом геометрического нивелирования при передаче отметки в котлован</p> |  | $H_i = H_{ном} + a_1 - [a_2 - a_1] - a_{i2}$ $\Delta h_i = H_i - H_{ном}$ |
| <p>6.2 Измерение методом геометрического нивелирования при контроле ровности монтажного горизонта</p> |  | $\Delta h_i = \frac{H_{ном} - H_{i2}}{2}$ <p>где $H_{ном}, H_{i2}$ — отметки наиболее высокой и низкой точек монтажного горизонта</p> |
| <p>7 Отклонение от заданного угла (наклона) конструкции, элемента конструкции, деталей сооружений, технологического оборудования и др. в вертикальной плоскости</p> <p>Измеряется методом нивелирования в соответствии с 1.1.4-1.1.6, 1.2.4 восточного приложения, а также прямым измерением с помощью квадрата или теодолита</p> |  <p>1 — горизонтальная линия; 2 — линия заданного уклона</p> | <p>а) в линейной мере на интервале L</p> $\Delta h_i = h_i - h_{ном}$ <p>б) в угловой мере</p> $\Delta \alpha_i = \alpha_i - \alpha_{ном}$ <p>в) в относительной величине</p> $\Delta \alpha_i = \frac{h_i - h_{ном}}{L} = \alpha_i - \alpha_{ном} = \alpha_i - \alpha_{ном}$ |

"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.п.6-7)

| Продолжение таблицы А.1 | Схемы применения средств и методов измерений | Формулы для вычисления измеренного параметра и погрешности |
|--|--|---|
| <p>Наибольшее измеренное значение h_1 и наименьшее h_2.</p> <p>2 Отклонение от прямолинейности конструкции, элемента конструкции, технологического оборудования и др.</p> <p>Отклонение от прямолинейности измеряется методом построения базовой линии:</p> <p>а) расположенной произвольно относительно контролируемого участка или направленной по поверхности</p> |  <p>1 — контролируемый участок; 2 — базовая линия</p> | $\Delta h_1 = (h_1 - h_2 - \frac{h_2 - h_1}{S} S_1) \frac{L}{S}$ <p>при $h_2 = h_1 = h_0$ $\Delta h_1 = h_1 - h_2$; при $h_2 = h_1 = 0$ $\Delta h_1 = h_1$</p> |
| <p>б) расположенной параллельно прямой, соединяющей конечную и начальную точки контролируемого участка</p> <p>в) совпадающей с прямой, соединяющей начальную и конечную точки контролируемого участка</p> |  | $\Delta h_1 = h_1 - h_2$ $\Delta h_2 = h_1$ |
| <p>8.1.1 Измерение по рейке (линейке) от базовой линии, заданной тесдлитом</p> |  | $\Delta h_1 = a_1 - b_1$ |
| <p>8.1.2 Измерение линейкой от базовой линии, заданной струной и отрезком</p> |  | $\Delta h_2 = h_1$ |

"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.8)

| Продолжение таблицы А.1 | Схемы применения средств и методов измерений | Формулы для вычисления измеренного параметра и погрешности |
|---|---|--|
| <p>9 Отклонение от формы заданной профиля, поверхности</p> <p>9.1 Прямое измерение отклонения профиля от заданной формы с помощью шаблона</p> |  | $\Delta h_1 = h_1$; $\Delta h_2 = h_2$; $\Delta h_3 = h_3$ |
| <p>9.2 Измерение отклонения профиля от заданной формы с помощью шаблона</p> |  | $\Delta h_1 = (h_1 + h_2) - h_0$; $\Delta h_2 = h_2 - h_0$ |
| <p>9.3 Измерение отклонения профиля от заданной формы с помощью шаблона</p> |  | $\Delta h_1 = h_1 - h_0$; $\Delta h_2 = h_2 - h_0$; $\Delta h_3 = h_3 - h_0$ |
| <p>9.4 Измерение отклонения профиля от заданной формы с помощью шаблона</p> |  | $\Delta h_1 = h_1 - h_0$; $\Delta h_2 = h_2 - h_0$; $\Delta h_3 = h_3 - h_0$; $\Delta h_4 = h_4 - h_0$ |
| <p>10 Отклонение от заданной формы поверхности, заданной тесдлитом и измерением</p> | <p>Средством построения базовой линии от базовой точки, заданной тесдлитом, или контрольной точкой, заданной тесдлитом, или контрольной точкой, заданной тесдлитом, или контрольной точкой, заданной тесдлитом.</p> | |
| <p>10.1 Измерение отклонения от заданной формы поверхности, заданной тесдлитом и измерением</p> |  | <p>а) измеренная поверхность задана тесдлитом</p> $\Delta h_1 = h_1 - h_0$; $\Delta h_2 = h_2 - h_0$; $\Delta h_3 = h_3 - h_0$; $\Delta h_4 = h_4 - h_0$ |
| <p>10.2 Измерение отклонения от заданной формы поверхности, заданной тесдлитом и измерением</p> |  | <p>б) измеренная поверхность задана тесдлитом</p> $\Delta h_1 = h_1 - h_0$; $\Delta h_2 = h_2 - h_0$; $\Delta h_3 = h_3 - h_0$; $\Delta h_4 = h_4 - h_0$ |
| <p>11 Измерение отклонения от заданной формы поверхности, заданной тесдлитом и измерением</p> |  | <p>в) абсолютный метод</p> $\Delta h_1 = h_1 - h_0$; $\Delta h_2 = h_2 - h_0$; $\Delta h_3 = h_3 - h_0$; $\Delta h_4 = h_4 - h_0$ |

"Таблица А.1. Схемы и примеры применения средств и методов измерений" (п.п.9-11)

Схемы и примеры применения средств и методов измерений

| Наименование измеряемого параметра и метода измерений | Схема применения | Формула для вычисления измеряемого параметра и пояснения |
|--|------------------|---|
| | | метода и средств измерений |
| 1. Линейные размеры: длина, ширина, высота, глубина, пролет, зазор, межосевой размер, габаритные размеры и др. | | |
| Измеряются расстояния: | | |
| <p>а) между двумя фиксированными точками</p> <p>отсчет по шкале средства измерения в</p> <p>б) между точкой и прямой, точкой и плоскостью; между двумя параллельными отсчетами, полученными в процессе прямыми или плоскостями методом построения и измерения перпендикуляра:</p> <p>с помощью геодезических приборов и других средств угловых и линейных измерений</p> <p>покачиванием линейки, рейки, рулетки в направлениях, обеспечивающих кратчайшее расстояние</p> | | $x_i = a_{\min} - a_1$, где a_1 - начальный фиксированной точке; a_{\min} - минимальный из покачивания рейки |
| 1.1. Измерение размера рулеткой, линейкой и другими средствами линейных измерений, начальный и конечный отсчеты по шкале укладываемых непосредственно в створе соответственно измеряемой линии, когда измеряемый размер: | | $x_i = a_2 - a_1$, где a_1, a_2 - средства измерений |
| а) меньше длины мерного прибора | | |
| б) больше длины мерного прибора | | $x_i = \sum_{i=1}^n (a_{i+1} - a_i) + \sum (\Delta x_{\text{cor}, i})$ |

| | | |
|--|--|--------------------------|
| по рулетке задний и передний по | | где a_3, a_p - отсчеты |
| | | ходу соответственно; |
| сумма поправок по ГОСТ 26433.0, | | Сумма Δx_{cor} - |
| известные систематические погрешности из | | исключающих |
| | | результата измерений |

| | | |
|---|--|------------------------|
| 1.2. Измерение размера геодезическим | | Вычисление по |
| формуле, приведенной в эксплуатационной | | документации на данный |
| светодальномером или радиодальномером | | тип дальномера |

| | | |
|------------------------|--|--|
| 1.3. Измерение зазора: | | |
|------------------------|--|--|

| | | |
|-------------|--|-------------------|
| а) линейкой | | $x_i = a_2 - a_1$ |
|-------------|--|-------------------|

| | | |
|----------------------|--|-------------------|
| б) клиновым калибром | | $x_i = a_i$ |
| клиновому калибру | | a_i - отсчет по |

| | | |
|-----------------|--|-------------|
| в) кронциркулем | | $x_i = a_i$ |
|-----------------|--|-------------|

| | | |
|----------------------------------|--|--|
| 1.4. Измерение глубины опирания: | | |
|----------------------------------|--|--|

| | | |
|-------------------------------|--|-------------------------|
| а) линейкой в доступном месте | | $x_i = l_i = a_2 - a_1$ |
|-------------------------------|--|-------------------------|

| | | |
|--|--|-------------|
| б) линейкой - щупом в перекрытом сечении | | $x_i = a_i$ |
| через технологическое (например коробка | | |
| электросети) или специально проделанное | | |
| отверстие | | |

| | | |
|--|--|-----------------------|
| в) посредством измерений линейкой | | $x_i = l_0 - l_i,$ |
| перекрытой части сечения и толщины несущей | | где l_0 - известная |
| или измеренная толщина несущей стены; | | |
| стены | | l_i - измеренная |
| ширина непокрытой части сечения | | |

| | |
|---|-----------------------|
| г) после укладки плит перекрытий | $x_i = l_0 - l_i$ |
| посредством измерения линейкой расстояния | где l_0 - известное |
| расстояние от края плиты до | фиксированной риски; |
| от риски на плите перекрытия до несущей | l_i - измеренный |
| стенной панели; риска на плите перекрытия | |
| размер | |
| маркируется заранее, на фиксированном | |
| расстоянии от края плиты | |

| | |
|---------------------------------|--|
| 1.5. Измерение расстояния между | |
| горизонтальными плоскостями | |

| | |
|--------------------------------------|----------------------|
| 1.5.1. Измерение рулеткой, рейкой по | а) $x_i = a_2 - a_1$ |
| направлению отвесной линии | б) $x_i = a_2 - a_1$ |

| | |
|--|--|
| 1.5.2. Измерение методом геометрического | |
| нивелирования | |

| | |
|--|--------------------------|
| а) в пределах одной установки нивелира | $x_i = h_i = a_{3i} -$ |
| a_{pi} , | где a_3, a_p - отсчеты |
| по задней и передней по ходу | рейкам, соответственно |

| | |
|---|--|
| б) при нескольких последовательных | $x_i = \text{Сумма} (n \text{ при } i =$ |
| 1) $h_i = \text{Сумма} (n \text{ при } i = 1) a_{3i} -$ | $\text{Сумма} (n \text{ при } i = 1)$ |
| установках нивелира | где a_3, a_p - отсчеты |
| a_{pi} , | рейкам, |
| по задней и передней по ходу | |
| соответственно; | i - номер станции |

| | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| в) при измерении высоты помещения | $x_i = a_1 + a_2,$ |
| по рейке, установленной в положение | где a_1, a_2 - отсчеты |
| вниз | "0" - вверх и "0" - |

| | |
|--|---|
| <p>1.5.3. Измерение методом микронивелирования</p> | $x_i = h_i = a_i - M_0;$ $M_0 = 1/2(a_i + a'_i)$ |
| <p>1.5.4. Измерение методом гидростатического нивелирования $1/2(a_p - a'_p - a_3 + a'_3),$ по шкалам заднего и переднего соответственно; при обратной перестановке сосудов;</p> | $x_i = h_i = a_{pi} -$ $M_0 = l_1 - l_2 =$ где a_3, a_p - отсчеты сосудов a'_3, a'_p - то же, M_0 - место нуля |
| <p>1.6. Измерение расстояния между двумя недоступными точками методом проектирования по рулетке. точек на линию измерения с помощью горизонтально, в одной вертикальной теодолита, отвеса или оптического прибора пролетом. помощью теодолита осуществляется при вертикального круга</p> | $x_i = a_2 - a_1,$ где a_2, a_1 - отсчеты Рулетка натягивается плоскости с измеряемым Проектирование с двух положениях |
| <p>1.7. Измерение расстояния между двумя вертикальными плоскостями раздвижной рейкой</p> | $x_i = a_i$ |
| <p>1.8. Косвенные измерения линейных размеров</p> | |
| <p>1.8.1. Измерение расстояния между двумя фиксированными точками методом $ctg(\alpha_i),$ параллактического треугольника размер; горизонтальный угол</p> | а) $x_i =$ б) $x_i = l_i$ где l_i - известный α_i - измеренный |
| <p>1.8.2. Измерение расстояния между фиксированной точкой и прямой</p> | а) $x_i = l_i$ |

| | | |
|--------------|--|--------------|
| sin(альфа_i) | | б) x_i = l_i |
|--------------|--|--------------|

| | | |
|--|--|-----------|
| 1.8.3. Измерение расстояния до недоступной точки методом микротриангуляции | $\frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}$ | x_i = l_i |
|--|--|-----------|

| | | |
|---|--|-------------------------------------|
| 1.8.4. Измерение расстояния между двумя недоступным точками методом микротриангуляции | $\frac{\sin(2\alpha_1)}{\sin(2\alpha_1 + \alpha_2)}$ | x_i = квадратный корень (альфа_2) + |
|---|--|-------------------------------------|

| | | |
|---|--|---------------------------|
| (альфа_3 + альфа_4) - | | + sin(2) альфа_3 / sin(2) |
| sin(альфа_3) x cos(альфа_4 - альфа_2) / | | - 2 sin(альфа_1) x |
| x sin(альфа_3 + альфа_4) | | sin(альфа_1 + альфа_2) |

| | | |
|--|--|--|
| 2. Угловые размеры: горизонтальные и вертикальные углы; углы образованные пересечением осей и плоскостей | | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|---|
| 2.1. Прямое измерение углового размера горизонтальные и вертикальные углы, методом сравнения со шкалой угломерного прибора (теодолита, квадранта и др.) в эксплуатационной документации на прибора | | альфа_i, бета_i- соответственно, формулам, приведенным данный тип угломерного |
|--|--|---|

| | | |
|---|--|--|
| 2.2. Косвенные измерения углового размера | | |
|---|--|--|

| | | |
|---|--|--|
| 2.2.1. Метод построения и решения треугольника: | | |
|---|--|--|

| | | |
|---|--|--|
| а) по трем измеренным сторонам l_1, l_2, l_3(2) | | альфа_i = arccos[(l_1(2) + l_2(2) - l_3(2)) / 2 x l_1 x l_2] |
|---|--|--|

| | | | |
|--|--|--|--|
| l ₃ | | | l ₂ |
| б) по измеренным углу альфа ₁ и по двум сторонам l ₁ и l ₂ | | | |
| | | | альфа _i = arcsin [(l ₂ x sin(альфа ₁))/l ₁] |
| в) по измеренным углам альфа ₁ и альфа ₂ (альфа ₁ + альфа ₂) | | | |
| | | | альфа ₁ = 180 - |
| 2.2.2. Метод построения и решения двух треугольников: | | | |
| а) по измеренным двум углам альфа ₁ , альфа ₁ + альфа ₂ + arcsin(l ₃ /l ₂) x альфа ₂ и трем сторонам l ₁ , l ₂ , l ₃ | | | |
| | | | альфа _i = arcsin(l ₃ /l ₁) x sin(альфа ₁) |
| | | | sin(альфа ₂) + arcsin(l ₄ /l ₂) x sin(альфа ₂) + sin(альфа ₁) |
| | | | альфа _i = arcsin(l ₃ /l ₁) x |
| б) по пяти измеренным сторонам l ₁ , l ₂ , l ₃ , l ₄ , l ₅ | | | |
| arccos[(l ₁ (2) + l ₂ (2) - l ₃ (2))/(2 x l ₁ x l ₂)] | | | альфа _i = 360° - |
| arccos[(l ₁ (2) + l ₄ (2) - l ₅ (2))/(2 x l ₁ x l ₄)] | | | [l ₁ x l ₂] - |
| | | | [x l ₄] |
| arccos[(l ₁ (2) + l ₂ (2) - l ₃ (2))/(2 x l ₁ x l ₂)] | | | альфа _i = |
| arccos[(l ₁ (2) + l ₄ (2) - l ₅ (2))/(2 x l ₁ x l ₄)] | | | [l ₂] + |
| | | | [l ₄] |
| 2.2.3. Метод построения вспомогательного угла и измерение отрезков l ₁ , l ₂ , l ₃ , l ₄ , l ₅ , l ₆ | | | |
| arcsin[(l ₂ - l ₁)/l ₆] - arcsin[(l ₄ - l ₃)/l ₅] | | | альфа _i = альфа ₁ - |
| | | | |
| 3. Отклонение от совмещения ориентиров, совпадения осей, симметричности установки, | | | |

| | | |
|---|--|--|
| совпадения поверхностей | | |
| Измеряются в стыковом соединении или на интервале L отклонения от совмещения: | | |
| а) ориентира на поверхности конструкций с ориентирами разбивочной оси l_0 ; | | а) $\Delta(x_i) = l_i$; б) $\Delta(x_i) = l_i - l_0$; в) $\Delta(x_i) = l_i$ |
| б) грани элемента конструкции с ориентирами разбивочной оси l_0 ; | | а) $\Delta(x_i) = l_i$; б) $\Delta(x_i) = l_i - l_0$; в) $\Delta(x_i) = l_i$ |
| в) граней элементов конструкций | | $\Delta(x_i) = l_i$ $\Delta(x_i) = l_i$ |
| г) отклонение от совпадения осей или модуль $(l_1 - l_2) - \text{модуль}(l_{01} - l_{02})/2$ симметричности установки | | $\Delta(x_i) =$ |
| 3.1. Прямое измерение отклонения от совмещения ориентиров | | |
| 3.1.1. Измерение с помощью шаблона с линейкой | | $\Delta(x_i) = a_i$ |
| 3.1.2. Измерение линейкой отклонений створа, заданного теодолитом: | | |
| а) створ проходит по разбивочной оси $1/2(a_i + a'_i) = \text{модуль}(a_0 - a_i)$ | | $ l_i = \text{модуль}(a_0 -$ |

| | | |
|---|--|--|
| | | $\Delta(x_i) = l_i$ |
| б) створ проходит по грани стены | | $\Delta(x_i) = l_0 - l_i$ |
| 3.1.3. Измерение линейкой отклонений от створа, заданного струной и отвесом и проодящего через ориентиры разбивочной оси | | $\Delta(x_i) = a_{0i} - a_{1i}$ |
| 4. Отклонение от заданного положения точки в плане | | |
| 4.1. Косвенные измерения с использованием средств линейных и угловых измерений (теодолит, рулетка и др.) | | $\Delta(r_i) = \sqrt{\Delta(x_i)^2 + \Delta(y_i)^2}$ |
| 4.1.1. Метод полярных координат $\alpha_i - \alpha_{ном}$ $l_{ном}$ кв.корень $(l_1(2)/\rho(2) \times \Delta(x_i)^2)$ | | $\Delta(\alpha_i) = \alpha_i - \alpha_{ном}$ $\Delta(l_i) = l_i - l_{ном}$ $\Delta(r_i) = \sqrt{\Delta(\alpha_i)^2 + \Delta(l_i)^2}$ |
| 4.1.2. Метод прямоугольных координат кв.корень $[(x_i - x_{ном})^2 + (y_i - y_{ном})^2]$ | | $\Delta(r_i) = \sqrt{\Delta(x_i)^2 + \Delta(y_i)^2}$ |
| 4.1.3. Метод створной засечки $1/\sin(\alpha_i) \times \sqrt{[l_{1i}(2) + l_{2i} \times \cos(\alpha_i)]^2}$ | | $\Delta(r_i) = \sqrt{[l_{2i}(2) + 2 \times l_{1i} \times \cos(\alpha_i) + l_{1i}(2)]^2}$ |
| 4.1.4. Метод линейно-створной засечки кв.корень $[(\Delta \alpha_i / \rho \times l_i)^2]$ $l_{ном}$ $\alpha_i - 180^\circ$ | | $\Delta(r_i) = \sqrt{[\Delta \alpha_i / \rho \times l_i]^2 + \Delta(l_i)^2}$ $\Delta(l_i) = l_i - l_{ном}$ $\Delta(\alpha_i) = \alpha_i - 180^\circ$ |

| | | |
|--|-----------|---|
| 4.1.5. Метод линейной засечки кв.корень [дельта(l _{1i} (2)) + дельта(l _{2i} (2))] cos(альфа _{ном})]; l _{1ном} ; l _{2ном} | | дельта(r _i) = - 2 дельта l _{1i} l _{2i} дельта l _{1i} = l _{1i} - дельта l _{2i} = l _{2i} - |
| 4.1.6. Метод прямой угловой засечки sin гамма x кв.корень (дельта(2) sin(2)альфа _{2i}) + sin(2)альфа _{1i} + 2дельта альфа _{1i} альфа _{1i} sin альфа _{2i} | | дельта r _i = l ₀ /rho альфа _{1i} дельта(2) альфа _{2i} дельта альфа _{2i} sin |
| 5. Отклонение от отвесной линии колонн, стенных панелей, стен и других конструкций и их элементов | | |
| Измеряются отклонения: | | |
| а) ориентира оси конструкции l ₀ | | а) дельта x _i = l _i ; б) дельта x _i = l _i - |
| б) поверхности грани (ребра) конструкции l ₀ | | а) дельта x _i = l _i ; б) дельта x _i = l _i - |
| в) точек закрепления осей при их передаче по вертикали на монтажные горизонты | | дельта r _i = дельта l _{2i} (2) |
| 5.1. Измерение с помощью строительного отвеса и линейки: | стального | |

| | | |
|--|--|--|
| а) относительно боковой грани l _{2i} | | дельта x _i = l _{1i} - |
| б) относительно ориентиров оси конструкции | | |
| в) относительно боковой грани конструкции, +с, имеющей переменное сечение по высоте учитывающая закон изменения размеров имеющей форму усеченного конуса l ₀₁ - l ₀₂ | | дельта x _i = l ₁ - l ₂ где с- поправка, сечения. Для колонны, с = (R - r)/L (L - |
| 5.2. Измерения с помощью теодолита и (a _i + a' _i); линейки: (a _i + a' _i) - l _{0i} , отсчеты, полученные при двух положениях а) теодолит установлен на разбивочной оси внимание следует уделять тщательности б) теодолит установлен на оси, параллельной горизонтального круга и приведению его разбивочной | | а) дельта x _i = 1/2 б) дельта x _i = 1/2 где a _i , a' _i - вертикального круга Примечание - Особое юстировки уровня пузырька в нуль-пункт |
| 5.3. Измерение оптическим центриром и рейкой | | дельта x _i = l ₀ - l ₁ |
| 5.4. Измерение рейкой-отвесом: a' _i), нити успокоенного отвеса относительно а) навесной поворота рейки на 180°; б) ненавесной 2 мм | | дельта x _i = 1/2(a _i + где a _i - отсчет по нулевого штриха шкалы; a' _i - то же, после модуль(a _i - a' _i) <= |
| 5.5. Измерение рейкой с уровнем: 1/2(a _л - a _п + a' _л + a' _п) тау Н; а) по шкале на уровне + a') - 2M0/L) Н, | | а) дельта x _i = б) дельта x _i = 1/2((a |

| | | |
|--|--|--|
| б) подвижной шкалой рейки при положении $a'_п$ - отсчеты по левому и правому центра пузырька в нуль-пункте уровня, взятые при прямом и обратном положении рейки, соответственно; подвижному упору при прямом и обратном положении рейки, соответственно; (определяют на вертикальной плоскости); уровня | | где $a_л$; $a'_л$; $a_п$; концам пузырька (развернутом на 180°) a, a' - отсчеты по (развернутом на 180°) M_0 - место нуля τ - цена деления |
| 6. Отклонение точек конструкций и их $H_{ном}$ элементов от проектных отметок на монтажном горизонте, в котловане и т.д. | | $\Delta h_i = H_i -$ |
| 6.1. Измерение методом геометрического модуль $(a_2 - a_3) - a_{н1}$; нивелирования при передаче отметки в $H_{ном}$ котлован | | $H_i = H_{пн} + a_{31} -$ $\Delta x_i = H_i -$ |
| 6.2. Измерение методом геометрического $H_{min})/2,$ нивелирования при контроле ровности отметки наиболее высокой и низкой монтажного горизонта горизонта | | $\Delta x_i = (H_{max} -$ где $H_{max}, H_{min} -$ точек монтажного |
| 7. Отклонение от заданного уклона (наклона) интервале L конструкции, элемента конструкции, линейных $h_{ном}$; сооружений, технологического оборудования и др. в вертикальном сечении $-\beta_{ном}$; величине Измеряется методами нивелирования в $h_i)/L = (h_i - h_{ном})/L = \text{tg } \beta_i$ соответствии с 1.1.4 - 1.1.6, 1.2.4 | | а) в линейной мере на $\Delta h_i = h_i -$ б) в угловой мере $\Delta \beta_i = \beta_i$ в) в относительной $\Delta x_i = (\Delta h_i$ $-\text{tg } \beta_{ном}$ |

По-видимому, в тексте настоящего абзаца допущена опечатка. Пункты "1.1.4 - 1.1.6, 1.2.4" не найдены

настоящего приложения, а также прямым

| | | |
|---|--|----------------------------|
| измерением с помощью квадранта или теодолита | | |
| 8. Отклонение от прямолинейности конструкции, элемента конструкции, технологического оборудования и др. | | |
| Отклонение от прямолинейности измеряется методом построения базовой линии: | $\Delta x_i = (l_i - l_n) / S \cdot S_i$ | $\Delta x_i = (l_i - l_n)$ |
| l_0 ; | | при $l_k = l_n = l_0$ |
| а) расположенной произвольно относительно контролируемого участка или направления поверхности | | $\Delta x_i = l_i - l_0$ |
| | | при $l_k = l_n = 0$ |
| б) расположенной параллельно прямой, соединяющей конечную и начальную точки контролируемого участка | | $\Delta x_i = l_i - l_0$ |
| в) совпадающей с прямой, соединяющей начальную и конечную точки контролируемого участка | | $\Delta x_i = l_i$ |
| 8.1.1. Измерение по рейке (линейке) от базовой линии, заданной теодолитом | | $\Delta x_i = a_i - l_0$ |
| 8.1.2. Измерение линейкой от базовой линии, заданной струной и отвесом | | $\Delta x_i = l_i$ |
| 9. Отклонение от формы заданных профиля, поверхности | | $\Delta x_1 = l_{1i}$ |

| | |
|---|--|
| <p>9.1. Прямое измерение отклонения профиля криволинейной поверхности методом измерения отклонений от шаблона</p> | <p>дельта $x_2 = l_{2i}$; дельта $x_3 = l_{3i}$</p> |
| <p>9.2. Измерение отклонений профиля прямолинейного сечения методом измерения от шаблона</p> | <p>дельта $x_i = (l_{i1} + l_{i2}) - l_{i0}$; $l_{i0} = l_{nom} - l_{sh}$</p> |
| <p>9.3. Измерение отклонений профиля сечения - β_{nom}; дорожного полотна методом измерения действительных значений линейно-угловых размеров и уклонов с помощью линейки, рулетки, теодолита, нивелира</p> | <p>дельта $\beta_i = \beta_i - \beta_{nom}$; дельта $l_i = l_i - l_{nom}$; дельта $h_i = h_i - h_{nom}$</p> |
| <p>9.4. Измерение отклонений формы заданного профиля методом определения пространственных координат точек действительной поверхности кв.корень (дельта(2) x_i + дельта(2) y_i + дельта(2) z_i)</p> | <p>дельта $x_i = x_i - x_{nom}$; дельта $y_i = y_i - y_{nom}$; дельта $z_i = z_i - z_{nom}$; дельта $r_i = \sqrt{y_i^2 + z_i^2}$</p> |
| <p>10. Отклонение от плоскостности поверхностей конструкций, элементов конструкций и сооружений</p> | <p>Определяется посредством измерений отклонений точек контролируемой поверхности от базовой горизонтальной или вертикальной</p> |

| | | |
|---|--|------------------------|
| | | плоскости с |
| | | последующим |
| | | пересчетом этих |
| | | отклонений |
| | | относительно |
| | | условной |
| | | плоскости по ГОСТ |
| | | 26433.1 |
| <hr/> | | |
| 10.1. Измерение отклонений от плоскостности проведена через три точки I, II, IV методами: | | а) условная плоскость |
| поверхности | | контролируемой |
| а) геометрического нивелирования с помощью | | дельта z_i = дельта |
| z_II = дельта z_IV = 0; | | дельта z_i = z_i - K_1 |
| нивелира и рейки (линейки) | | где K_1 = z_II/x_II; |
| x_i - K_2 y_i, | | z_i = l_I - l_i; |
| K_2 = z_IV/x_IV; | | модуль (дельта z_max - |
| дельта z_min) <= Дельта x | | |
| <hr/> | | |
| б) бокового нивелирования с помощью | | б) условная плоскость |
| проведена через диагональ I-III | | параллельно диагонали |
| теодолита и рейки (линейки) | | дельта z_i = дельта |
| II-IV | | дельта z_i = z_i - b_1 |
| z_III = 0; | | b_1 = (z_II - c)/x_II; |
| x_i - b_2 y_i; | | c = (z_II + z_IV)/2 - |
| b_2 = (z_IV - c)/x_IV; | | z_i = l_1 - l_i; |
| z_III; | | модуль (дельта z_max - |
| дельта z_min) <= Дельта x | | |
| <hr/> | | |
| 11. Измерение методом фотограмметрии | | а) Аналитический |
| метод: | | вычисление |
| комплекса геометрических параметров при | | формулам |
| пространственных координат точек объекта по | | |
| выполнении архитектурно-технических обмеров | | |
| соответствующего случая съемки и определение по | | |

| | |
|--|------------------------|
| и приемочном контроле строительных | координатам |
| действительных значений геометрических | параметров |
| конструкций, зданий и сооружений | |
| | (б) Аналоговый метод: |
| специальном приборе графического | вычерчивание на |
| объекта в соответствующем масштабе и | изображения проекций |
| геометрических параметров с точностью | определение |
| | графических построений |

**Приложение Б
(Справочное)**

**Основные средства измерений геометрических параметров
для производства строительных и монтажных работ**

- [1. Основные средства обеспечения точности разбивочных работ](#)
- [2. Погрешности основных методов и средств измерения отклонений от разбивочной оси или створа](#)
- [3. Погрешности основных методов и средств измерений отклонений от отвесной линии](#)
- [4. Погрешности основных методов и средств измерений отклонений проектных отметок и заданного уклона](#)

1. Основные средства обеспечения точности разбивочных работ

Таблица Б.1

| Вид разбивочных работ | Основные средства обеспечения точности | Классы точности по ГОСТ 21779 | | | | | |
|-------------------------------|--|-------------------------------|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Разбивка точек и осей в плане | Теодолиты по ГОСТ 10529: | | | | | | |
| | T1 | — | | | | | |
| | T2 | | — | | | | |
| | T5 | | | | — | | |
| | T30 | | | | | | — |
| | Рулетка по ГОСТ 7502 | | | | | | — |
| | Базисный прибор | — | | | | | |
| Светодалномеры по ГОСТ | | — | | | | | |

| | | | | | | | |
|---|--|--------------------|---|---|--|--|--|
| | 19223, МСД-1М, СПЗ, СТЗН | | | | | | |
| Разбивка передача высотных отметок | и Нивелиры по ГОСТ 10528: | | | | | | |
| | Н05, Н1 | — | | | | | |
| | Н3 | | — | | | | |
| | Н10 | | | — | | | |
| | Рейки нивелирные: | | | | | | |
| | РН-05, РН-1 | — | | | | | |
| | РН-3 | | — | | | | |
| | РН-10 | | | — | | | |
| | Рулетка по ГОСТ 7502 | — | | | | | |
| | Передача точек и осей по вертикали | Оптические центры: | | | | | |
| ЦО-1 | | — | | | | | |
| ЦО-30 | | | — | | | | |
| RZL | | | | | | | |
| Теодолиты по ГОСТ 10529: | | | | | | | |
| T2 | | | — | | | | |
| T5 | | | | — | | | |
| T30 | | | | — | | | |
| Отвес по ГОСТ 7948 | | | | — | | | |
| Построение створа | Теодолиты по ГОСТ 10529, | | | | | | |
| | T2, T5 | | — | | | | |
| | Лазерный визир | | | | | | |
| | Оптическая струна | — | | | | | |
| | Струна, разметочный шнур | | — | | | | |

2. Погрешности основных методов и средств измерения отклонений от разбивочной оси или створа

Таблица Б.2

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|

| Средство измерения | Метод измерения | Предельная погрешность, (+-) мм | Диапазон измерения, не более |
|---|---|---------------------------------|--|
| Линейка по ГОСТ 427 или ГОСТ 17435 | Измерение расстояния между ориентирами | 1,0 | Непосредственный контакт ориентиров |
| Струна, отвес по ГОСТ 7948; линейка по ГОСТ 427 или ГОСТ 17435 | Измерение линейкой отклонений от створа, заданного калиброванной струной диаметром 0,5 мм и отвесом | 4,0 | Расстояние между точками закрепления разбивочной оси 80 м |
| Теодолиты по ГОСТ 10529 типов: Т2, Т5 Т30; линейка по ГОСТ 427 или ГОСТ 17435 | Измерение линейкой отклонений от створа, заданного визирной осью зрительной трубы теодолита при двух положениях вертикального круга | 2,0 4,0 | Расстояние между точками закрепления разбивочной оси или створа 50 м |
| Примечание - Могут быть использованы модификации приборов отечественного и зарубежного производства, соответствующие по точности основным типам, приведенным в таблице 1 , и более точные. | | | |

3. Погрешности основных методов и средств измерений отклонений от отвесной линии

Таблица Б.3

| Средство измерения | Метод измерения | Предельная погрешность, (+-) мм | Диапазон измерения, м, не более |
|---|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Рейка-отвес | Измерение двумя наблюдениями с поворотом рейки на 180° между наблюдениями | 2 | 3,0 |
| Рейка с уровнем (тау <= 2) | То же | 2 | 3,0 |
| Отвес по ГОСТ 7948 и линейка по ГОСТ 427 или ГОСТ 17435 | Исключение ветровых воздействий и гашение колебаний | 5 | 10 |
| Теодолиты по ГОСТ 10529 типов: Т2 Т5 Т30 линейка по ГОСТ 427 или ГОСТ 17435 | Проектирование коллимационной плоскостью при двух положениях вертикального круга, S <= 2H | H/7 H/3,5 H/1,7 | 50 50 30 |

| | | | |
|--|-----------------------------------|---|-----|
| Оптические центры и линейка или специальная палетка | Проектирование двумя наблюдениями | | |
| "Зенит ОЦП", "Надир ОЦП", PZL | Высокоточное проектирование | 3 | 100 |
| <p>Примечания: 1. В таблице приняты следующие обозначения: Н – высота, в метрах, контролируемой конструкции; S – расстояние от теодолита до контролируемого сечения; тау – цена деления уровня. 2. Могут быть использованы модификации приборов отечественного и зарубежного производства, соответствующие по точности основным типам, приведенным в таблице Б.2, и более точные.</p> | | | |

4. Погрешности основных методов и средств измерений отклонений проектных отметок и заданного уклона

Таблица Б.4

| Средство измерения | Метод измерения | Предельная погрешность определения превышений на станции, (+-) мм | Диапазон измерений, м, не более |
|--|---|---|---------------------------------|
| Нивелир по ГОСТ 10528, нивелирная рейка: | Геометрическое нивелирование | | Расстояние от нивелира до реек: |
| Н-05; рейка РН-05 | Высокоточное | 0,5 | 50,0 |
| Н-3, рейка РН-3 | Точное | 3,0 | 50,0 |
| Н-10, рейки | | | |
| РН-3, РН-10 | Техническое | 7,0 | 50,0 |
| Гидростатический высотомер: | Гидростатическое нивелирование двойным наблюдением с перестановкой сосудов между наблюдениями | | Превышение между точками: |
| точный | | 0,2 | 0,1 |
| технический | | 3,0 | 0,5 |
| Микро nivelir: | Измерение двойным наблюдением с разворотом прибора на 180° между наблюдениями | | Длина шага: |
| точный | | 0,2 | 1,0 |
| технический | | 3,0 | 2,0 |

Примечание – Могут быть использованы модификации приборов отечественного и зарубежного производства, соответствующие по точности основным типам, приведенным в таблице, и более точные.

Приложение В (Рекомендуемое)

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА НЕОБХОДИМОЙ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И ВЫБОРА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1 Задача. Передать проектную отметку +36,00 м по 3-му классу точности ГОСТ 21779 на монтажный горизонт строящегося панельного здания.

1.1 Определим по ГОСТ 21779 значение допуска $\Delta x = 10,0$ мм.

1.2 Определим по ГОСТ 26433.0 предельную и среднюю квадратическую погрешности измерения

$$\Delta x_{\text{пред}} = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ мм}; \quad \alpha x_{\text{пред}} = 4 : 2,5 = 1,6 \text{ мм}$$

и принимаем, что суммарные расчетные погрешности не должны превышать величин: $\Delta x_{\text{пред}} \leq 4$ мм; $\alpha x_{\text{пред}} \leq 1,6$ мм.

1.3 Для передачи отметки принимаем метод геометрического нивелирования по схеме измерений приложения 1, пункт 6.1; при этом полагаем, что передача отметки производится двумя нивелирами, двумя нивелирными рейками и металлической рулеткой длиной 50 м и при одновременном снятии отсчетов по рулетке.

1.4 Определим совокупность факторов, влияющих на суммарную погрешность результата измерений:

- установка пузырька уровня нивелира в нуль-пункт;
- отклонение от параллельности визирной оси и оси уровня (несоблюдение главного условия нивелира);
- отсчет по рейке (рулетке);
- компарирование рулетки;
- компарирование рейки;
- натяжение рулетки;
- установка рейки (рулетки) по вертикали.

1.5 Принимаем принцип равного влияния для всех факторов и, учитывая, что погрешности из-за отклонения реек и рулетки от вертикали оказывают систематическое влияние, а влияние погрешностей компарирования реек и рулетки в связи с односторонним их применением в конкретном случае можно отнести к случайным, получим

$$\sigma_i = \frac{\sigma_{\text{факт}}}{\sqrt{r + u^2}} = \pm \frac{1,0}{\sqrt{12 + 3^2}} = \pm 0,35 \text{ мм},$$

где r – количество факторов, оказывающих случайное воздействие на результат измерения;

u – то же, но систематическое.

1.6 Определим допустимые средние квадратические погрешности регистрации и учета каждого из перечисленных факторов.

1.6.1 Установка пузырька уровня в нуль-пункт

$$\sigma_1' = \frac{\sigma_p}{l} = \frac{0,35 \cdot 2 \cdot 10^3}{50 \cdot 10^3} = \pm 1,4,$$

где σ_1' – погрешность установки пузырька уровня в нуль-пункт;

l – расстояние от нивелира до рейки;

$\rho = 206265$.

Погрешность установки пузырька контактного уровня находится в пределах $0,04\tau''$, где τ'' – цена деления уровня.

"Примеры расчета необходимой точности измерений и выбора методов и средств ее обеспечения" (п.п. 1 - 1.6.1 (начало))

Следовательно:

$$\tau'' = \frac{1,4}{0,04} = 35'',$$

в связи с чем достаточно использовать нивелир с ценой деления уровня $\tau \leq 30''$.

При использовании нивелира НЗ, имеющего $\tau = 15''$, будет двойной запас точности по данному фактору.

1.6.2 Отклонение от параллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня

$$\sigma_2 = \pm \frac{1}{2} \Delta S \frac{l''}{\rho''}.$$

где $\sigma_2 = \sigma_i$ – погрешность из-за отклонения от параллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня;

i – угол между визирной осью зрительной трубы и осью цилиндрического уровня;

ΔS – неравенство плеч.

Полагая, что главное условие соблюдается с погрешностью $i' = \pm 10''$, получим допустимое неравенство плеч

$$\Delta S = \frac{2\sigma_2 \rho}{i} = \frac{0,35 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^3}{10} = 14 \text{ м}.$$

1.6.3 Отсчет по рейке (рулетке)

При снятии отсчетов по рейке с шашечными сантиметровыми делениями, установленной на расстоянии 50 м, ошибка однократного отсчета по рейке составит величину порядка ± 1 мм.

1.6.4 Компарирование

Относительная погрешность компарирования рулетки составит

$$\frac{\sigma_i}{l} = \frac{0,35}{36 \cdot 10^3} = \frac{1}{100000}$$

То же, для рейки

$$\frac{\sigma_i}{b} = \frac{0,35}{3 \cdot 10^3} = \frac{1}{10000},$$

где b – длина рейки.

1.6.5 Натяжение рулетки

$$\sigma_p = \frac{\sigma_i E F}{l} = \frac{0,35 \cdot 19,62 \cdot 10^4 \cdot 1}{36 \cdot 10^3} = 1,86 \text{ Н},$$

где σ_p – погрешность определения натяжения;

σ_i – погрешность измеряемого размера из-за погрешности натяжения;

l – измеряемый размер;

E – модуль Юнга;

F – площадь поперечного сечения полотна рулетки.

При натяжении рулетки гирей следует учитывать массу рулетки.

1.6.6 Установка рейки и рулетки по вертикали

$$\sigma_{\text{ит}} = \sqrt{\frac{\sigma_1 \cdot 2}{b} \cdot \rho''} = 2 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{0,35 \cdot 2}{3 \cdot 10^3}} = 51''.$$

"Примеры расчета необходимой точности измерений и выбора методов и средств ее обеспечения" (п.п. 1.6.1 (окончание) - 1.6.6 (начало))

То же, для рулетки

$$\sigma_{y2} = \sqrt{\frac{\sigma_{i1} \cdot 2}{l}} \quad \sigma_{y2} = 2 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{0,35 \cdot 2}{36 \cdot 10^3}} = 14,7''$$

где σ_{y1} , σ_{y2} — погрешности установки рейки и рулетки по вертикали.

1.7 Выполняем анализ полученных погрешностей и назначаем методы и средства их обеспечения.

Используются два нивелира Н-3, двусторонние шашечные рейки с сантиметровыми делениями и рулетка металлическая длиной 50 м. Счеты по рейкам снимаются по черной и красной стороне при двух горизонтах приборов, в связи с чем погрешность отсчета составит величину $\frac{1}{\sqrt{4}} = 0,50$ мм, что больше допустимых $\pm 0,35$ мм. Однако это незначительное превышение можно компенсировать натяжением рулетки гирей, масса которой совместно с массой растянутого полотна рулетки определяется с точностью до ± 50 г, что в три раза уменьшит соответствующую погрешность, и установкой реек в вертикальное положение по круглому уровню с ценой деления $10'$, что также уменьшит соответствующую погрешность в 4 раза. Рулетка калибруется на стационарном компараторе с погрешностью $\frac{1}{100000}$ длины сантиметровых, дециметровых и метровых интервалов на рейках определяются жеменной линейкой, контрольным метром и др.

При соблюдении указанных мероприятий следует ожидать, что с вероятностью $P = 0,988$ вынесенная в натуру отметка строительного репера будет находиться в пределах допуска $\Delta x = 10$ мм.

2 Задание. Выполнить передачу оси по вертикали на монтажный горизонт с отметкой

$H = +36$ м по 3-му классу точности ГОСТ 21779.

2.1 Определим по ГОСТ 21779 значение допуска $\Delta x = 6$ мм.

2.2 Определим по ГОСТ 26433.0 предельную и среднюю квадратические погрешности измерения:

$$\Delta x_{\text{пред}} = 0,4 \cdot 6 = 2,4 \text{ мм}; \quad \sigma_{x_{\text{пред}}} = 2,4 : 2,5 = 0,96 \text{ мм}$$

и принимаем, что суммарные расчетные погрешности не должны превышать величин:

$$\Delta x_{\text{факт}} \leq 2,4 \text{ мм}; \quad \sigma_{x_{\text{факт}}} \leq 0,96 \text{ мм}$$

2.3 Для передачи оси по вертикали принимаем метод проектирования коллимационной плоскостью теодолита при двух положениях вертикального круга.

2.4 Определим совокупность факторов, влияющих на суммарную погрешность результата измерений:

- поверка и юстировка цилиндрического уровня горизонтального круга;
- установка пузырька цилиндрического уровня горизонтального круга в нуль-пункт;
- центрирование теодолита на оси;
- визирование;
- отклонение от перпендикулярности визирной оси и оси вращения зрительной трубы (коллимационная погрешность);
- отклонение от перпендикулярности оси вращения зрительной трубы и вертикальной оси вращения прибора (неравенство подставок);
- фиксации оси на монтажном горизонте.

2.5 Принимаем принцип равного влияния для всех факторов и, учитывая, что первый из перечисленных выше факторов оказывает систематическое влияние, в

"Примеры расчета необходимой точности измерений и выбора методов и средств ее обеспечения" (п.п. 1.6.6 (окончание) - 2.5 (начало))

пятый и шестой (коллимационная погрешность и неравенство подставок) исключаются проектированием при двух положениях вертикального круга, получим

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{\sqrt{2}} = \pm \frac{0,96\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \pm 0,55 \text{ мм}$$

1.6 Определяем допустимые средние квадратические погрешности по ретристрации и учету каждого из перечисленных факторов.

2.6.1 Поверка и юстировка уровня v_1 , установка пузырька уровня в нуль-пункт, v_2 :

$$v_1 = v_2 = \frac{\sigma_1 \rho''}{H} = \frac{0,56 \cdot 2 \cdot 10^3}{36 \cdot 10^3} = 3,1''$$

где v_1 — погрешность поверки и юстировки уровня;

v_2 — погрешность установки пузырька уровня в нуль-пункт;

H — высота передачи;

$\rho = 206265''$.

2.6.2 Центрирование теодолита

$$e = \frac{\sigma_1 D}{d}$$

где e — погрешность центрирования;

d — расстояние на горизонтальной плоскости между точкой закрепления оси на исходном горизонте и проекцией на этот горизонт точки закрепления оси на монтажном горизонте;

D — горизонтальное расстояние от теодолита до точки закрепления оси на исходном горизонте.

При $D = 40$ м, $d = 2$ м имеем:

$$e = \frac{0,56 \cdot 40 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3} = 11,2 \text{ мм}$$

2.6.3 Визирование

$$v_3 = \frac{30''}{\rho'' \sigma_1}$$

где v_3 — увеличение зрительной трубы;

$30''$ — погрешность визирования невооруженным глазом на расстоянии наилучшего зрения (250 мм);

l — расстояние до точки визирования.

В данном случае

$$v_3 = \frac{30 \cdot 40 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3 \cdot 0,56} = 10,7'$$

2.7 Выполняем анализ полученных погрешностей и назначаем следующие методы и средства их обеспечения.

При выборе теодолита следует учесть, что поверка уровня при алиаде горизонтального круга осуществляется с ошибкой порядка $0,2v_3$, где v_3 — цена деления уровня, т.е. $0,2v_3 = v_3'$.

В связи с этим теодолит должен быть оснащен в данном случае уровнем с ценой деления

$$v_3' = \frac{3}{0,2} = 15,5''$$

Приведенным выше условиям полностью отвечает теодолит Т2, имеющий увеличение зрительной трубы 25 \times и цену деления уровня при алиаде горизонтального круга $v_3' = 15''$.

Погрешность 0,55 мм фиксации оси на монтажном горизонте можно обеспечить процерчиванием карандашом по гладкой поверхности.

При соблюдении указанных мероприятий следует ожидать, что с вероятностью $P = 0,988$ данное положение ориентира, закрепляющего ось на монтажном горизонте $+36,0$ м, будет в пределах допуска $\Delta x = 6$ мм.

"Примеры расчета необходимой точности измерений и выбора методов и средств ее обеспечения" (п.п. 2.5 (окончание)-2.7)

Примеры расчета необходимой точности измерений и выбора методов и средств ее обеспечения

1. Задание. Передать проектную отметку +36,00 м по 3-му классу точности ГОСТ 21779 на монтажный горизонт строящегося панельного здания.

1.1. Определяем по ГОСТ 21779 значение допуска Дельта $\Delta x = 10,0$ мм.

1.2. Определяем по ГОСТ 26433.0 предельную и среднюю квадратическую погрешности измерения

$$\Delta x_{\text{met}} = 0,4 \times 10 = 4 \text{ мм}; \quad \sigma_{\text{met}} = 4 : 2,5 = 1,6 \text{ мм}$$

и принимаем, что суммарные расчетные погрешности не должны превышать величин:

$$\Delta x_{\text{сумма (мет)}} \leq 4 \text{ мм}; \quad \sigma_{\text{сумма (мет)}} \leq 1,6 \text{ мм.}$$

1.3. Для передачи отметки принимаем метод геометрического нивелирования по схеме измерений [приложения 1, пункт 6.1](#); при этом полагаем, что передача отметки производится двумя нивелирами, двумя нивелирными рейками и металлической рулеткой длиной 50 м и при одновременном снятии отсчетов по рулетке.

1.4. Определяем совокупность факторов, влияющих на суммарную погрешность результата измерений:

- установка пузырька уровня нивелира в нуль-пункт;
- отклонение от параллельности визирной оси и оси уровня (несоблюдение главного условия нивелира);
- отсчет по рейке (рулетке);
- компарирование рулетки;
- компарирование рейки;
- натяжение рулетки;
- установка рейки (рулетки) по вертикали.

1.5. Принимаем принцип равного влияния для всех факторов и, учитывая, что погрешности из-за отклонения реек и рулетки от вертикали оказывают систематическое влияние, а влияние погрешностей компарирования реек и рулетки в связи с одноразовым их применением в конкретном случае можно отнести к случайным, получим

$$\sigma_i = \frac{\sigma_{\text{мет}}}{\sqrt{r+u}} = \pm \frac{1,6}{\sqrt{12+3}} = \pm 0,35 \text{ мм,}$$

где r – количество факторов, оказывающих случайное воздействие на результат измерения;
 u – то же, но систематическое.

1.6. Определяем допустимые средние квадратические погрешности регистрации и учета каждого из перечисленных факторов.

1.6.1. Установка пузырька уровня в нуль-пункт

$$\sigma''_1 = \frac{(\sigma_{\text{po}})_i}{1} = \frac{0,35 \times 2 \times 10^5}{50 \times 10^3} = \pm 1,4 ,$$

где σ''_1 – погрешность установки пузырька уровня в нуль-пункт;

1 – расстояние от нивелира до рейки;

$$\rho_0 = 206265.$$

Погрешность установки пузырька контактного уровня находится в пределах $0,4 \tau''$, где τ'' - цена деления уровня.

Следовательно:

$$\tau'' = \frac{1,4''}{0,04} = 35'',$$

в связи с чем достаточно использовать нивелир с ценой деления уровня $\tau'' \leq 30''$. При использовании нивелира НЗ, имеющего $\tau'' = 15''$, будет двойной запас точности по данному фактору.

1.6.2. Отклонение от параллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня

$$\sigma_2 = \pm \frac{1}{2} \Delta S \frac{i''}{\rho_0''},$$

где σ_2 - погрешность из-за отклонения от параллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня;

i - угол между визирной осью зрительной трубы и осью цилиндрического уровня;

S - неравенство плеч.

Полагая, что главное условие соблюдается с погрешностью $i'' = \pm 10''$, получим допустимое неравенство плеч

$$\Delta S = \frac{2\sigma_2 \rho_0}{i} = \frac{0,35 \times 2 \times 2 \times 10^5}{10} = 14 \text{ м.}$$

1.6.3. Отсчет по рейке (рулетке)

При снятии отсчетов по рейке с шашечными сантиметровыми делениями, установленной на расстоянии 50 м, ошибка однократного отсчета по рейке составит величину порядка ± 1 мм.

1.6.4. Компарирование

Относительная погрешность компарирования рулетки составит

$$\frac{\sigma_i}{l} = \frac{0,35}{36 \times 10^3} \text{ приблизительно равно } \frac{1}{100000}.$$

То же, для рейки

$$\frac{\sigma_i}{l_0} = \frac{0,35}{3 \times 10^3} \text{ приблизительно равно } \frac{1}{10000},$$

где l_0 - длина рейки.

1.6.5. Натяжение рулетки

$$\sigma_{\rho_0} = \frac{\sigma_{EF}}{l} = \frac{0,35 \times 19,62 \times 10^4 \times 1}{36 \times 10^3} = 1,86 \text{ Н,}$$

где σ_{ρ} - погрешность определения натяжения;

σ_i - погрешность измеряемого размера из-за погрешности натяжения;

l - измеряемый размер;

E - модуль Юнга;

F - площадь поперечного сечения полотна рулетки.

При натяжении рулетки гирей следует учитывать массу рулетки.

1.6.6. Установка рейки и рулетки по вертикали

$$\begin{aligned} \sigma_{y1} &= \text{кв.корень} \left(\frac{\sigma_i^2}{1} \right) \times \rho_0'' = \\ &= 2 \times 10^5 \text{ кв.корень} \left(\frac{0,35 \times 2}{3 \times 10^3} \right) = 51'' . \end{aligned}$$

То же, для рулетки

$$\begin{aligned} \sigma_{y2} &= \text{кв.корень} \left(\frac{\sigma_i^2}{1} \right) \times \sigma_{y2} = \\ &= 2 \times 10^5 \times \text{кв.корень} \left(\frac{0,35 \times 2}{36 \times 10^3} \right) = 14,7'' , \end{aligned}$$

где σ_{y1} , σ_{y2} - погрешности установки рейки и рулетки по вертикали.

1.7. Выполняем анализ полученных погрешностей и назначаем методы и средства их обеспечения.

Используются два нивелира Н-3; двусторонние шашечные рейки с сантиметровыми делениями и рулетка металлическая длиной 50 м. Отсчеты по рейкам снимаются по черной и красной стороне при двух горизонтах приборов, в связи с чем погрешность отсчета составит величину $1/\text{кв.корень}(4) = 0,50$ мм, что больше допустимых $\pm 0,35$ мм. Однако это незначительное превышение можно компенсировать натяжением рулетки гирей, масса которой совместно с массой растянутого полотна рулетки определяется с точностью до ± 50 г, что в три раза уменьшит соответствующую погрешность, и установкой реек в вертикальное положение по круглому уровню с ценой деления $10''$, что также уменьшит соответствующую погрешность в 4 раза. Рулетка компарируется на стационарном компараторе с погрешностью $1/100000$; длины сантиметровых, дециметровых и метровых интервалов на рейках определяются женеvской линейкой, контрольным метром и др.

При соблюдении указанных мероприятий следует ожидать, что с вероятностью $\rho_0 = 0,988$ вынесенная в натуру отметка строительного репера будет находиться в пределах допуска $\Delta x = 10$ мм.

2. Задание. Выполнить передачу оси по вертикали на монтажный горизонт с отметкой $H = +36$ м по 3-му классу точности ГОСТ 21779.

2.1. Определяем по ГОСТ 21779 значение допуска $\Delta x = 6$ мм.

2.2. Определяем по ГОСТ 26433.0 предельную и среднюю квадратические погрешности измерения:

$$\Delta x = 0,4 \times 6 = 2,4 \text{ мм}; \quad \sigma_x = 2,4 : 2,5 = 0,96 \text{ мм}$$

met

met

и принимаем, что суммарные расчетные погрешности не должны превышать величин:

$$\begin{matrix} \text{дельта } x & \leq & 2,4 \text{ мм;} & \text{дельта } x & \leq & 0,96 \text{ мм.} \\ \text{met} & & & \text{met} & & \end{matrix}$$

2.3. Для передачи оси по вертикали принимаем метод проектирования коллимационной плоскостью теодолита при двух положениях вертикального круга.

2.4. Определяем совокупность факторов, влияющих на суммарную погрешность результата измерений:

- поверка и юстировка цилиндрического уровня горизонтального круга;
- установка пузырька цилиндрического уровня горизонтального круга в нуль-пункт;
- центрирование теодолита на оси;
- визирование;
- отклонение от перпендикулярности визирной оси и оси вращения зрительной трубы (коллимационная погрешность);
- отклонение от перпендикулярности оси вращения зрительной трубы и вертикальной оси вращения прибора (неравенство подставок);
- фиксация оси на монтажном горизонте.

2.5. Принимаем принцип равного влияния для всех факторов и, учитывая, что первый из перечисленных выше факторов оказывает систематическое влияние, а пятый и шестой (коллимационная погрешность и неравенство подставок) исключаются проектированием при двух положениях вертикального круга, получим

$$\sigma_i = \frac{\begin{matrix} \text{сигма } x \\ \text{сумма (met)} \end{matrix}}{\sqrt{r + lr}} = \pm \frac{0,96 \times \sqrt{2}}{\sqrt{5 + 1}} = \pm 0,55 \text{ мм.}$$

2.6. Определяем допустимые средние квадратические погрешности по регистрации и учету каждого из перечисленных факторов.

2.6.1. Поверка и юстировка уровня ню_1, установка пузырька уровня в нуль-пункт, ню_2:

$$\begin{matrix} \text{ню}_1 & = & \text{ню}_2 & = & \frac{\begin{matrix} \text{сигма } \rho'' \\ i \end{matrix}}{N} & = & \frac{0,56 \times 2 \times 10^5}{36 \times 10^3} & = & 3,1'' \end{matrix}$$

где ню₁ - погрешность поверки и юстировки уровня;

ню₂ - погрешность установки пузырька уровня в нуль-пункт;

N - высота передачи;

ρ₀ - 206265''.

2.6.2. Центрирование теодолита

$$e = \frac{\begin{matrix} \text{сигма } D \\ i \end{matrix}}{d},$$

где e - погрешность центрирования;

d - расстояние на горизонтальной плоскости между точкой закрепления оси на исходном горизонте и проекцией на этот горизонт точки закрепления оси на монтажном горизонте;

D - горизонтальное расстояние от теодолита до точки закрепления оси на исходном горизонте.

При $D = 40$ м, $d = 2$ м имеем:

$$e = \frac{0,56 \times 40 \times 10^3}{2 \times 10^3} = 11,2 \text{ мм.}$$

2.6.3. Визирование

$$\tau_{\text{ay}}' = \frac{30'' \cdot l}{\rho'' \cdot \sigma_i}$$

где τ_{ay}' - увеличение зрительной трубы;
 $30''$ - погрешность визирования невооруженным глазом на расстоянии наилучшего зрения (250 мм);
 l - расстояние до точки визирования.

В данном случае

$$\tau_{\text{ay}}' = \frac{30 \times 40 \times 10^3}{2 \times 10^3 \times 0,56} = 10,7'.$$

2.7. Выполняем анализ полученных погрешностей и назначаем следующие методы и средства их обеспечения.

При выборе теодолита следует учесть, что поверка уровня при алидаде горизонтального круга осуществляется с ошибкой порядка $0,2 \tau_{\text{ay}}''$, где τ_{ay}'' - цена деления уровня, т.е. $0,2 \tau_{\text{ay}}'' = \nu''_{1,2}$.

В связи с этим теодолит должен быть оснащен в данном случае уровнем с ценой деления

$$\tau_{\text{ay}}'' = \frac{\nu''_{1,2}}{0,2} = 15,5''.$$

Приведенным выше условиям полностью отвечает теодолит Т2, имеющий увеличение зрительной трубы $25\times$ и цену деления уровня при алидаде горизонтального круга $\tau_{\text{ay}}'' = 15''$.

Погрешность 0,55 мм фиксации оси на монтажном горизонте можно обеспечить прочерчиванием карандашом по гладкой поверхности.

При соблюдении указанных мероприятий следует ожидать, что с вероятностью $\rho_0 = 0,988$ плановое положение ориентира, закрепляющего ось на монтажном горизонте $+36,0$ м, будет в пределах допуска $\Delta x = 6$ мм.