

**Государственный стандарт СССР ГОСТ 26433.1-89**  
**"Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления"**  
**(утв. постановлением Госстроя СССР от 27 февраля 1989 г. N 32)**

**System of ensuring geometrical parameters accuracy in construction. Rules of measurement. Prefabricated elements**

Взамен ГОСТ 13015-75  
в части методов измерений  
железобетонных и бетонных изделий

Дата введения с 1 января 1990 г.

Настоящий стандарт устанавливает правила выполнения измерений линейных и угловых размеров, отклонений формы и взаимного положения поверхностей деталей, изделий, конструкций и технологической оснастки, изготавливаемых на заводах, строительных площадках и полигонах.

1. Общие требования к выбору методов и средств измерения, выполнению измерений и обработке их результатов следует принимать по ГОСТ 26433.0.

2. Для измерения линейных размеров и их отклонений применяют линейки по ГОСТ 427 и ГОСТ 17435, рулетки по ГОСТ 7502, нутромеры по ГОСТ 10, скобы по ГОСТ 11098, штангенциркули по ГОСТ 166, штангенглубиномеры по ГОСТ 164, индикаторы часового типа по ГОСТ 577, щупы по ТУ 2-034-225 и микроскопы типа МПБ-2 по ТУ 3.824.

В необходимых случаях следует применять средства специального изготовления с отсчетными устройствами в виде индикаторов часового типа, микрометрических головок и линейных шкал: рулетки со встроенным динамометром, длиномеры, нутромеры, скобы и клиновые щупы.

3. Для измерения отклонений форм профиля поверхности применяют нивелиры по ГОСТ 10528, теодолиты по ГОСТ 10529 или поверочные линейки по ГОСТ 8026 совместно со средствами линейных измерений (линейками, индикаторами, штангенинструментом и т.д.), а также оптические струны, визирные трубы, оптические плоскомеры и гидростатические высотомеры по действующим техническим условиям. Могут применяться также средства специального изготовления:

контрольные рейки, отвес-рейки, струны из стальной проволоки диаметром 0,2 - 0,5 мм или синтетической лески диаметром 0,8 - 1,0 мм.

4. Угловые размеры проверяют угломерами, а их отклонения, выраженные линейными единицами, - линейками и щупами с применением угольников, калибров, шаблонов.

5. В зависимости от материала, размеров и особенностей формы элементов могут применяться также не предусмотренные настоящим стандартом средства, обеспечивающие требуемую по ГОСТ 26433.0 точность измерений.

6. Схемы измерений размеров и их отклонений, а также отклонений форм приведены в [приложении 1](#).

При этом соответствие реального взаимного положения поверхностей элемента (линий, осей) установленным требованиям определяют измерением соответствующих линейных и угловых размеров и их отклонений. Положение проемов, выступов, вкладышей, закладных деталей и других характерных деталей элемента проверяют измерением указанных в рабочих чертежах размеров между этими деталями или между деталями и гранями (линиями, точками) элемента, принятыми за начало отсчета.

7. Если в стандартах, технических условиях или рабочих чертежах не установлены места, измерений размеров элемента, то эти места определяют в соответствии с настоящим стандартом. Длину, ширину, толщину, диаметр, а также угловые размеры или их отклонения измеряют в двух крайних сечениях элемента на расстоянии 50 - 100 мм от краев, а при длине или ширине элемента более 2,5 м - и в соответствующем среднем его сечении.

Отклонения от прямолинейности на лицевой поверхности плоских элементов измеряют не менее чем в двух любых сечениях элемента, как правило, в направлении светового потока, падающего на эту поверхность в условиях эксплуатации.

Отклонения от прямолинейности боковых граней плоских элементов измеряют в одном из сечений вдоль каждой из граней, а для элементов цилиндрической формы - вдоль не менее двух образующих, расположенных во взаимно перпендикулярных сечениях.

Отклонения от прямолинейности ребра элемента измеряют в сечениях по обеим поверхностям, образующим это ребро, на расстоянии не более 50 мм от него или непосредственно в месте пересечения этих поверхностей.

8. Значения предельных погрешностей измерений, которые могут быть использованы при выборе методов и средств измерений, приведены в [приложении 2](#).

9. Примеры определения отклонений от плоскостности приведены в [приложении 3](#).

[Приложение 1. Схемы измерений](#)

[Приложение 2. Предельные погрешности измерений](#)

[Приложение 3. Определение отклонений от плоскостности по всей поверхности элемента](#)

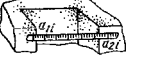


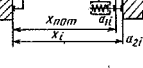
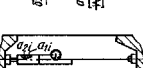
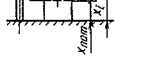
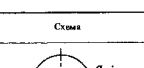
Приложение 1  
Рекомендуемое

Схемы измерений  
СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ


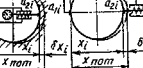

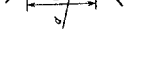
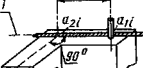

Т а б л и ц а 1

Наименование измеряемого параметра, метода и средства измерения	Схема	Формулы для вычисления измеряемого параметра
<p>1. Линейные размеры и их отклонения</p> <p>1.1. Длина, ширина, толщина элементов и их частей измеряются:</p> <p>а) между двумя фиксированными точками</p> <p>б) между точкой и прямой или плоскостью (между двумя прямыми или плоскостями) методом покачивания</p> <p>в) между точкой и прямой или плоскостью методом построения перпендикуляра при помощи угольника</p>		

"Таблица 1"

Наименование измеряемого параметра, метода и средства измерения	Схема	Формулы для вычисления измеряемого параметра
<p>1.1.1. Прямое измерение размера:</p> <p>а) линейкой</p>  <p>б) рулеткой с натяжением веревочку (при расстоянии не более 10 м) или дальномером. При наличии в местах измерения дефектов, мешающих снятию отсчета, применяются измерительные приспособления</p> <p>в) штангенциркулем</p>  <p>г) микромером с устройством для удержания и закрепления на измеренном конце рулетки с начальной отсчетом</p>  <p>Примечания. Равномерность отсчетов как разность между наибольшим и наименьшим из измеренных значений толеранса одного отсчета.</p>		$X_i = a_{1i} - a_{2i} \quad (1)$ $\delta X_i = a_{2i} - a_{ном} \quad (2)$ <p>где <math>X_i</math> — значение искомого размера, определяемого в результате измерения (реальный размер); <math>a_{ном}</math> — номинальный размер; <math>a_{2i}</math> — действительное отклонение; <math>a_{1i}</math> — начальный и конечный отсчеты по шкале прибора измерения</p> $X_i = a_{2i} (a_{1i} = 0)$ <p>То же</p>
<p>1.1.2. Прямое измерение отклонения среднего измерения, настроенным на номинальный размер:</p> <p>а) микромером</p>  <p>б) скобой</p>  <p>в) микромером с опраивленным отклонением по шкале с поправкой</p>  <p>г) индикатором часового типа, установленным на скобе</p> 		$\delta X_i = a_{2i} - a_{1i}$ <p>при <math>a_{1i} = 0</math>, <math>\delta X_i = a_{2i}</math>;</p> $X_i = X_{ном} + \delta X_i \quad (3)$ <p>где <math>a_{1i}</math> — начальный отсчет, соответствующий номинальному размеру; устанавливается разным нулем или другим значением при настройке прибора на измерение</p>

"Таблица 1" (продолжение)

Наименование измеряемого параметра, метода и средства измерения	Схема	Формулы для вычисления измеряемого параметра
<p>1.2. Диаметр</p> <p>1.2.1. Прямое измерение диаметра методом показывания рулеткой, линейкой, штангенциркулем</p>  <p>1.2.2. Прямое измерение отклонения методом показывания скобой, микромером, настроенным на номинальный размер</p> 		$X_i = a_{2i} - a_{1i}$ $\delta X_i = a_{2i} - X_{ном}$ <p>где <math>a_{2i}</math> — максимальный отсчет на номограмме (вд <math>a_{2i}</math>, <math>a_{1i}</math>)</p> $\delta X_i = a_{2i} - a_{1i}$ $X_i = X_{ном} + \delta X_i$
<p>1.2.3. Косвенное измерение диаметра:</p> <p>а) методом охватывания рулеткой</p>  <p>б) методом измерения хорды и высоты сегмента штангенциркулем с пределами измерения 320-1000 мм</p>  <p>Примечание. Овальность определяют как разность между наибольшим и наименьшим из измеренных значений диаметра в одном поперечном сечении.</p>		$d = \frac{a_{2i} - a_{1i}}{\pi} \quad (4)$ $\pi = 3,1416$ $d = \frac{L^2}{4h} + h \quad (5)$ <p>где <math>L</math> — длина хорды, <math>L = a_{2i}</math>;  <math>h</math> — высота сегмента (высота или выемка при известном <math>L</math>)</p>
<p>1.3. Расстояние между точками (осью), расположенными на различных гранях элемента</p> <p>1.3.1. Прямое измерение размера рулеткой, линейкой:</p> <p>а) методом проецирования одной из точек (осей) на линию измерения при помощи разметки</p>  <p>б) методом проецирования двух точек на линию измерения при помощи двух плоских отвесов или оптических центриров</p>  <p><math>l</math> — длина измерителя</p>		$X_i = a_{1i} - a_{2i}$

"Таблица 1" (продолжение)



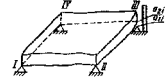
Наименование измеряемого параметра, метода и средства измерения	Схема	Формулы для вычисления измеряемого параметра
1.3.2. Косвенное измерение отклонения точки от оси ленточной методикой построения линии измерения при помощи угольника или разности		$\delta x_{1,2} = l_{1,2} - \frac{L}{2} \quad (6)$ $\delta x_i = \sqrt{\delta x_1^2 + \delta x_2^2} \quad (7)$ <p>где <math>l_1</math> и <math>l_2</math> — размеры, полученные прямыми измерениями</p>
1.4. Межосевое расстояние 1.4.1. Косвенное измерение при помощи линейки, штангенциркуля, рулетки	 	<p>а) <math>x_i = L - \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (8)</math></p> <p>б) <math>x_i = \frac{L_1 + L_2}{2} \quad (9)</math></p> <p>где <math>L, L_1, L_2</math> и <math>d_1, d_2</math> — размеры, получаемые прямыми измерениями</p>
1.5. Длина, ширина и глубина (высота) трещины, зазора, раковины, околораствора 1.5.1. Прямое измерение длины, ширины: а) линейкой		$x_{1i} = a_{2i} - e_{1i}$ $x_{2i} = a_{4i} - e_{2i}$
б) микрометром		$x_i = a_{2i} - e_{1i}$
в) наплеткой (прозрачная пластина размером 200x300 мм с остной квадратом 3x5 мм)		$K = \text{число раковин в квадрате}$ $K = 3, x_i = 7,5 \text{ мм}$

"Таблица 1" (продолжение)

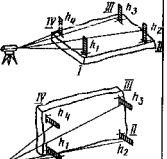
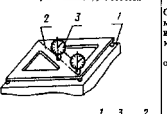

Наименование измеряемого параметра, метода и средства измерения	Схема	Формулы для вычисления измеряемого параметра
1) шупом		$x_i = a_i$
1.5.2. Прямое измерение глубины, высоты штангенциркулем ШШ-1		$x_i = a_i$
1.5.3. Косвенное измерение линейкой		$x_i = a_{1i} - a_{2i}$
2. Угловые размеры и их отклонения 2.1. Прямое измерение углового размера угольником		$a_i = a_i$
2.2. Прямое измерение отклонения углового размера в линейной мере на длине L угольником с линейкой или шупом (отклонения от перпендикулярности, косые резы и т.п.)		$\delta x_i = a_{1i} - e_{1i}$
3. Отклонение формы профиля или "кряжистость" (кривизна) и плоскостности, в т.ч. волнистость, прогиб, выкрутка, волнистость и т.п.) 3.1. Отклонения от прямолинейности 3.1.1. Определение отклонения от прямолинейности на всей длине элемента при помощи струны на опорах равной высоты, заданной длиной отсчета, и линейки. Масса подвешиваемого груза для металлической струны при метром 0,2-0,5 мм на длине до 20 м — не менее 10 кг; для стальной струны диаметром 0,8-1,0 мм на длине до 20 м — не менее 2 кг	 <p>1 — проверяемое изделие; 2 — упоры; 3 — шуп, концевая мера, линейка</p>	<p>Отклонение от прямолинейности <math>\delta x_i</math> принимают равным:</p> <p>сумме абсолютных значений наибольшего из всех положительных и наибольшего из всех отрицательных измеренных в различных точках отклонений <math>\delta x_i</math>, если они имеют разные знаки;</p> <p>максимуму по абсолютной величине из всех измеренных отклонений <math>\delta x_i</math>, если они имеют одинаковые знаки</p>

\* Полученные измерения по настоящему стандарту являются отклонениями от прямолинейности и плоскостности сравнительно с соответствующим допуском.

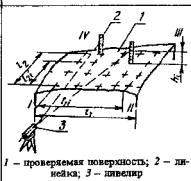
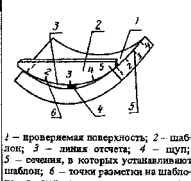
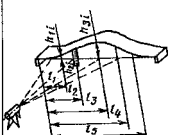
"Таблица 1" (продолжение)

Продолжение табл. 1		
Наименование измеренного параметра, метода и средства измерения	Схема	Формулы для вычисления измеренного параметра
Измерения проводят в различных азимутах: азимуты точек в количестве, определяемом в зависимости от длины изделия		$\delta h_2 = h_1 - h_2 \quad (10)$ где $h_1 = h_n$ — расстояние от линии отсчета до проверяемой поверхности в точках опоры; $h_2$ — то же, в промежуточных точках разметки
3.1.1. Определение отклонения от прямолинейности на участке элемента при помощи поверочной линейки или контрольной рейки на опорах равной высоты, заданных линией отсчета, и линейки, индикатора или шпала	 <p>1 — проверяемая поверхность; 2 — опорочная линейка; рейка; 3 — опорная точка; 4 — условная прямая; 5 — линия отсчета; 6 — индикатор</p>	То же При установке контрольной рейки непосредственно на поверхность изделия $\delta h_1 = h_2$
3.1.3. Определение отклонения от прямолинейности на всей длине элемента при помощи линейки или теодолита, заданного линией отсчета, и линейки. Точность положения проверяемой поверхности относительно линии отсчета не регламентируется	 <p>1 — проверяемая поверхность; 2 — измеритель; 3 — линия отсчета; 4 — условная прямая; 5 — линейка</p>	$\delta h_1 = h_1 - h_2 + \frac{h_n - h_1}{l_n} l_1 \quad (11)$ где $l_n, l_1$ — расстояния между начальной и контрольной и проверяемой и промежуточной точками разметки, соответственно; при равном шаге разметки $l_n = l_1$ формула соответствует формуле (10)
3.2. Отклонения от плоскостности		
3.2.1. Определение отклонения в угловой точке прямоугольного элемента относительно условной плоскости, проведенной через три другие угловые точки (прямолинейность или скручивание):		
а) методом прямого измерения линейкой или клиновым шпатель отклонение в угловой точке элемента, установленного на четыре опоры, расположенные в одной плоскости (условно)		$\delta x_{III} = \epsilon_{21} - \epsilon_{12}$

"Таблица 1" (продолжение)

Продолжение табл. 1		
Наименование измеренного параметра, метода и средства измерения	Схема	Формулы для вычисления измеренного параметра
б) методом измерения линейной расстояния от размеченных на поверхности элемента точек до линии отсчета, заданной струной, поверочной линейкой или контрольной рейкой на опорах равной высоты, установленных в различных точках по ярким элементам. Точки, в которых производится измерение, располагают на контролируемой поверхности в местах пересечения продольных и поперечных осей элемента во рамках 4-10 осей на каждой его стороне в зависимости от размеров элемента, а также в местах пересечения продольной диагонали на поверхности элемента	 <p>1 — отвес; 2 — шкала для отсчета</p>	$\delta h_1 = (h_1 - h_2) - (h_3 - h_4) \quad (12)$ При $h_2 = h_4 = h_0$ $\delta h_1 = h_3 - h_1 \quad (13)$
3.2.2. Определение отклонения от условной плоскости по всей поверхности элемента:		
а) методом прямого измерения индикатором часового типа или шпатель отклонения поверхности от условной плоскости, проведенной через три точки	 <p>1 — объект измерения; 2 — поверочная шпатель; 3 — шпатель индикатор</p>	Отклонение от плоскостности принимается равным: <ul style="list-style-type: none"> <li>максимальному результату из измерений в четвертой угловой точке и в точках пересечения диагоналей. Индикаторы настраивают на нулевой отсчет по поверочной шпатель</li> </ul>
б) методом измерения линейной расстояния от размеченных на поверхности элемента точек до линии отсчета, заданной струной, поверочной линейкой или контрольной рейкой на опорах равной высоты, установленных в различных точках по ярким элементам. Точки, в которых производится измерение, располагают на контролируемой поверхности в местах пересечения продольных и поперечных осей элемента во рамках 4-10 осей на каждой его стороне в зависимости от размеров элемента, а также в местах пересечения продольной диагонали на поверхности элемента	 <p>1 — проверяемая поверхность; 2 — струна; 3 — линейка; 4 — опоры для пяточного шпателя</p>	Отклонение от плоскостности $\delta h_1$ принимается равным: <ul style="list-style-type: none"> <li>сумме абсолютных значений наибольшего из всех положительных и наибольшего из всех отрицательных отклонений <math>\delta h_1</math> в размеченных точках, если они имеют разные знаки;</li> <li>максимальному по абсолютной величине из всех отклонений <math>\delta h_1</math>, если они имеют одинаковые знаки.</li> </ul> Формулы и пример вычисления отклонений $\delta h_1$ в каждой из размеченных точек от условной плоскости, проведенной через одну из диагоналей параллельно другой диагонали, приведены в приложении 3.

"Таблица 1" (продолжение)

Наименование измераемого параметра, метода и средства измерения	Схема	Формулы для вычисления измераемого параметра
<p>а) методом измерения линейкой расстояний от размеченных на поверхности элемента точек до плоскости отсчета, заданной горизонтально нивелиром или вертикальным теодолитом. Точки, в которых производят измерения, располагают на контролируемой поверхности в местах пересечения продольных и поперечных сечений элемента из расчета 4-10 сечений на каждой его стороне в зависимости от размеров элемента. Точность выполнения элементов относительно плоскости отсчета не регламентируется и определяется длиной измерительной линейки</p> <p>3.3. Отклонения от заданного профиля или поверхности сложной формы. Измерения производят в размеченных на поверхности элемента точках в местах пересечения характерных для контролируемой поверхности продольных и поперечных (равноугольных и кривых и т.п.) сечений</p> <p>3.3.1. Прямое измерение линейкой, индикатором или щупом отклонений реального профиля от шаблона</p> <p>3.3.2. Определенные отклонения от проектных значений действительных координат характерных точек реальной поверхности элемента, установленные в рабочем положении. Измерения выполняют прямыми или косвенными методами с использованием нивелира и рейки или струны и линейки, гидростатического высотомера и т. д.</p>	  	<p>Отклонение от плоскостности <math>\delta x_i</math> принимают равным: сумме абсолютных значений наибольшего из всех положительных отклонений <math>\delta x_i</math> в размеченных точках, если они имеют разные знаки; наибольшему по абсолютной величине из всех отрицательных <math>\delta x_i</math>, если они имеют одинаковые знаки. Формулы и пример вычисления отклонений <math>\delta x_i</math> в каждой из размеченных точек от условной плоскости, проведенной через одну из диагоналей параллельно другой диагонали, приведены в приложении 3</p> <p>Отклонение <math>\delta x_i</math> реального профиля от проектного принимают равным наибольшему по величине из всех измеренных значений зазора в контролируемом сечении</p> <p><math display="block">\delta x_i = h_i - h_{iном} \quad (19)</math> где <math>h_i</math> - действительное значение координаты;  <math>h_{iном}</math> - номинальное значение координаты;  <math>i=1, \dots, n</math> - расстояния, соответствующие номинальным значениям координаты, размечены от точки, принятой за начало координат по горизонтальной оси</p>

"Таблица 1" (продолжение)

### Предельные погрешности измерений

Предельные погрешности измерений с применением рекомендуемых средств измерений приведены в табл.2 - 4 и рассчитаны для температуры воздуха  $t = (20 \pm 8)^\circ\text{C}$  и разности температур объекта и средства измерения, равной  $2^\circ\text{C}$ . Натяжение рулетки осуществляется вручную.

Таблица 2

### Предельные погрешности измерения линейных размеров

Интервалы размеров, мм	Предельные погрешности измерения, мм					
	Штанген-инструмент,	Нутромеры, скобы,	Линейки	Штангенциркуль, метод хорды и сегмента	Рулетки 3-го класса,	номинальных
Длиномеры, величина отсчета по нониусу	величина отсчета по нониусу	величина отсчета по индикатору,	величина отсчета по деления	металлические, цены	высоты	цена деления 1,0
0,1 мм	0,1 мм	микрометру,	1,0 мм			мм

		нониусу					
		0,01 мм					
Св. 1	до 50	0,1	-	0,4			
"	50 " 200	0,2	0,02	0,4			
"	200 " 500	0,2	0,03	0,5	0,6	0,5*	
"	500 " 1000	0,3	0,05	0,5	1,0	0,5*; 0,5**	
0,8	" 1000 " 4000	0,5	0,2		1,4	1,5*; 1,0**	
1,0	" 4000 " 6000		0,3		2,5	2,0*; 1,5**	
1,5	" 6000 " 10000		0,4		4,0	2,5*; 2,0**	
2,5	" 10000 " 16000					3,5*	
3,0	" 16000 " 25000					4,5*	

\* Приведены погрешности измерения длин и диаметров.

\*\* Погрешности измерения диаметров методом опоясывания.

Таблица 3

**Предельные погрешности измерения параметров формы и взаимного положения поверхностей**

Интервалы		Предельные погрешности измерений, мм				
		номинальных				
размеров, мм	Нивелир	Теодо-	Поверочная Средства	Рейка	Струна	Оптическая





1,0	" 10000 "	20000				0,3	0,5	0,2	0,4
1,0	" 20000 "	30000				0,3	1,0	0,2	0,4

Таблица 4

### Предельные погрешности измерения угловых размеров

Средство измерения	Погрешность измерения
Угломер механический	+ - (2 - 10) '
Угломер оптический	+ - 20 '
Квадрант оптический	+ - 10 "
Угольник	+ - 30 "
Уровни брусковые, уровни рамные	Равна цене деления уровня
Уровни микрометрические	То же

Приложение 3  
Справочное

### Определение отклонений от плоскостности по всей поверхности элемента

1. Линию отсчета задают струной, линейкой или рейкой на опорах равной высоты, устанавливаемых в размеченных точках по краям элемента.

1.1. Отклонения от условной плоскости  $\delta h_i$  в каждой из размеченных точек по продольным или поперечным сечениям элемента вычисляют по формуле

$$\delta h_i = h_1 - h_i + \frac{l_i}{n} (\delta h_1 - \delta h_n) + \delta h_1, \quad (1)$$

где  $h_1$  и  $h_n$  - расстояния от поверхности элемента до линии отсчета в первой и последней точках рассматриваемого сечения, равные высоте опор;  
 $h_i$  - измеренное расстояние от поверхности элемента до линии отсчета в  $i$ -й точке рассматриваемого сечения;  
 $l_i$  - расстояние от первой точки рассматриваемого сечения до  $i$ -й точки;  
 $l_n$  - расстояние от первой точки рассматриваемого сечения до последней ( $n$ -й);  
 $\delta h_1$  и  $\delta h_n$  - отклонения от условной плоскости в первой и последней точках рассматриваемого сечения.

1.2. За отклонения  $\delta h_1$  и  $\delta h_n$  для сечений, расположенных по периметру разметки, по формуле (1) принимают соответствующие отклонения  $\delta h_I$ ,  $\delta h_{II}$ ,  $\delta h_{III}$ ,  $\delta h_{IV}$  в угловых точках разметки I, II, III, IV.

При проведении условной плоскости через диагональ I - III параллельно диагонали II - IV принимают

$$\delta h_I = \delta h_{III} = 0 \quad (2)$$

и  $\delta h_{II}$ ,  $\delta h_{IV}$  вычисляют по формуле

$$\delta h_{II} = \delta h_{IV} = h_{0(I-III)} - h_{0(II-IV)}, \quad (3)$$

где  $h_{0(I-III)}$ ,  $h_{0(II-IV)}$  - измеренные расстояния от точки пересечения проекций диагоналей на поверхность элемента до линий отсчета в диагональных сечениях I - III, II - IV.

1.3. За отклонения  $\delta h_1$  и  $\delta h_n$  для всех промежуточных (поперечных и продольных) сечений разметки в формуле (1) принимают соответствующие значения  $\delta h_i$ , вычисленные по формуле (1) для сечений, расположенных по периметру разметки.

Пример. Стандартом установлено, что для панели перекрытия отклонение от плоскостности лицевой поверхности не должно превышать 10 мм, т.е.  $\delta x = 10$  мм.

Решение. Для выполнения измерений определяем (по ГОСТ 26433.0) предельную погрешность измерений

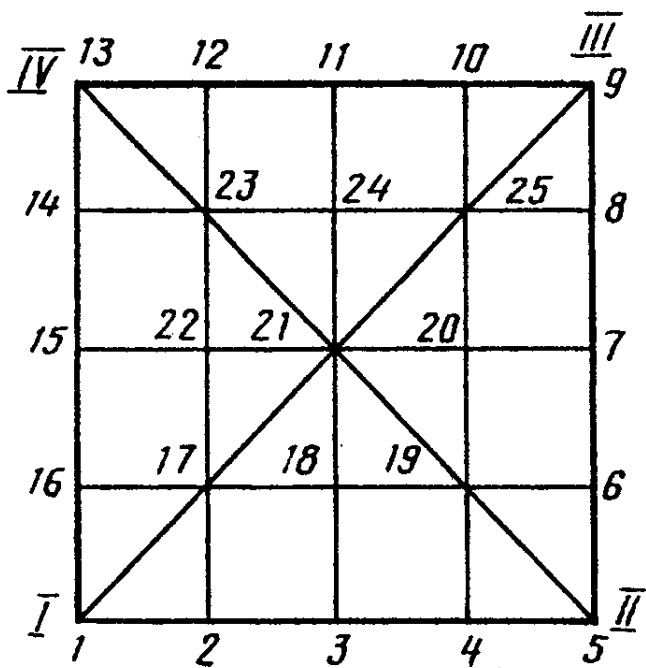
$$\delta x_{\text{мет}} = 0,2 \quad \delta x = 0,2 \times 10 = 2,0 \text{ мм.}$$

В соответствии с [приложением 2](#) принимаем метод измерения струной со снятием отсчетов по линейке с миллиметровыми делениями.

Размечаем проверяемую поверхность, приняв шаг между точками, равным 1000 мм. Натягивая ручную рулетку, наносим на поверхности мелом риски через 1000 мм по периметру, в центре пересечения диагоналей, в продольных и поперечных сечениях; нумеруем в соответствии с разметкой точки поверхности на схеме ([черт.1](#)).

Устанавливаем струну по поперечным и продольным сечениям и снимаем отсчеты в каждой точке в прямом и обратном направлениях.

Результаты наблюдений записываем в протокол ([табл.5](#)) и вычисляем в каждой точке средние значения из отсчетов, снятых в прямом и обратном направлениях.



Черт. 1

"Чертеж 1"

Таблица 5

Обозначение сечения	Номер точки $i$	Расстояния от линии отсчета до поверхности, мм			Отклонения от условной плоскости, мм, дельта $h_i$
		прямо $h'_i$	обратно $h''_i$	среднее значение $h_i = (h'_i + h''_i)/2$	
I - III	1	50	50	50	0
	0 (21)	56	56	56	-
	III	50	50	50	0
II - IV	II	50	50	50	3,0
	0 (21)	52	54	53	-
	IV	50	50	50	3,0
I - II	1	50	50	50	0
	2	46	46	46	4,8
	3	50	48	49	2,5
	4	50	52	51	1,2
	5 (II)	50	50	50	3,0
	II - III	5	50	50	50

	6	52	52	52	0,2
	7	55	52	54	-2,5
	8	53	53	53	-2,2
	9	50	50	50	0
III - IV	9	50	50	50	0
	10	48	48	48	2,8
	11	47	45	46	5,5
	12	47	47	47	5,2
	13	50	50	50	3,0
IV - I	13	50	50	50	3,0
	14	49	49	49	3,2
	15	53	53	53	-1,5
	16	51	50	51	-0,2
	1	50	50	50	0
16 - 6	16	50	50	50	-0,2
	17	46	46	46	3,9
	18	46	48	47	3,0
	19	49	49	49	0,9
	6	50	50	50	+0,2
7 - 15	7	50	50	50	-2,5
	20	52	52	52	-4,2
	21	57	57	57	-4,0
	22	55	55	55	-1,7
	15	50	50	50	-1,5
14 - 8	14	50	50	50	3,2
	23	48	49	48	3,8
	24	48	48	48	2,5
	25	49	49	49	0,2
	8	50	50	50	-2,2

дельта h = 5,5; дельта h = -4,2

$$\begin{aligned} & \max \qquad \qquad \qquad \min \\ \text{дельта } x_i &= |5,5| + |-4,2| = 9,7 \\ & 9,7 < 10,0. \end{aligned}$$

Вычисляем отклонения от условной плоскости по [формулам \(1\), \(2\), \(3\)](#).

По результатам наблюдений в диагональных сечениях определяем отклонения в угловых точках II (5) и IV (13)

$$\begin{aligned} \text{дельта } h_{II} &= \text{дельта } h_{IV} = h_{0(I-III)} - h_{0(II-IV)} = 56 - 53 = 3. \end{aligned}$$

Отклонения в угловых точках I и II принимаем равными нулю

$$\text{дельта } h_I = \text{дельта } h_{III} = 0.$$

Вычисляем отклонения от условной плоскости в сечениях, расположенных по периметру, по формуле

$$\text{дельта } h_i = h_1 - h_i + \frac{l_i}{n} (\text{дельта } h_n - \text{дельта } h_i) + \text{дельта } h_1.$$

Результаты вычислений записываем в гр.6 [табл.5](#).

Сечение I - II, точки 1 (I), 2, 3, 4, 5 (II)

$$\text{дельта } h_1 = \text{дельта } h_I = 0; \quad \text{дельта } h_n = 3; \quad h_1 = 50; \quad h_2 = 46;$$

$$h_3 = 49; \quad h_4 = 51; \quad h_5 = 50;$$

$$\text{дельта } h_2 = 50 - 46 + 3 \times \frac{1}{4} + 0 = 4,8;$$

$$\text{дельта } h_3 = 50 - 49 + 3 \times \frac{2}{4} = 2,5;$$

$$\text{дельта } h_4 = 50 - 51 + 3 \times \frac{3}{4} = 1,2;$$

$$\text{дельта } h_5 = 50 - 50 + 3 \times \frac{4}{4} = 3,0.$$

Аналогично выполняем вычисления в сечениях II - III, III - IV, IV - I.

Вычисляем отклонения от условной плоскости в поперечных сечениях.

Например, рассмотрим сечение 16 - 6.

Сечение 16 - 6, точки 16, 17, 18, 19, 6.

$$\begin{aligned} \text{дельта } h_1 &= \text{дельта } h_{16} = -0,2; & \text{дельта } h_n &= \text{дельта } h_6 = +0,2; & h_{16} &= 50; \\ h_{17} &= 46; & h_{18} &= 47; & h_{19} &= 49; & h_6 &= 50; \\ & & & & & & h_6 &= 50; \end{aligned}$$

$$\text{дельта } h_{17} = 50 - 46 + (0,2 + 0,2) \frac{1}{4} - 0,2 = 3,9;$$

$$\text{дельта } h_{18} = 50 - 47 + 0,4 \frac{1}{2} - 0,2 = 3,0;$$

$$\text{дельта } h_{19} = 50 - 49 + 0,4 \frac{3}{4} - 0,2 = 0,9.$$

Определяем точки, имеющие наибольшие положительное и отрицательное значения:

$$\text{дельта } h_{\max} = \text{дельта } h_{11} = 5,5 \text{ мм};$$

$$\text{дельта } h_{\min} = \text{дельта } h_{20} = -4,2 \text{ мм}.$$

Сравниваем с допуском сумму абсолютных значений наибольших положительного и отрицательного отклонений

$$\text{дельта } x_i = |5,5| + |-4,2| = 9,7;$$

$$9,7 < 10.$$

Вывод. Плоскостность контролируемой поверхности соответствует установленным требованиям.

2. Плоскость отсчета задают горизонтально нивелиром или вертикально теодолитом.

2.1. Условную плоскость проводят через одну из диагоналей параллельно другой диагонали, например, через диагональ I - III параллельно диагонали II - IV, где I, II, III, IV - угловые точки разметки.

2.2. Отклонения от условной плоскости дельта  $h_i$  в каждой из размеченных точек вычисляют по формуле

$$\text{дельта } h_i = h_i - k_1 l_{1i} - k_2 l_{2i}, \quad (4)$$

где  $h_i$  - приведенный отсчет, вычисляемый по формуле

$$h_i = a_I - a_i, \quad (5)$$

где  $a_I, a_i$  - отсчеты по рейке, установленной в угловой I и i-й точка;

$l_{1i}, l_{2i}$  - расстояния от i-й точки до прямых, соединяющих угловые точки разметки в направлениях I - II к I - IV;

$k_1, k_2$  - коэффициенты, вычисляемые по формулам:

$$k_1 = \frac{h_{II} - k_3}{l_1}; \quad (6)$$

$$k_2 = \frac{h_{IV} - k_3}{l_2}; \quad (7)$$

2

$$k_3 = \frac{h_{II} + h_{IV} - h_{III}}{2}, \quad (8)$$

где  $h_{II}$ ,  $h_{III}$ ,  $h_{IV}$  - приведенные отсчеты, вычисленные по [формулам \(5\)](#) для угловых точек II, III, IV;  
 $l_1$ ,  $l_2$  - расстояния между угловыми точками разметки I и II к I и IV.

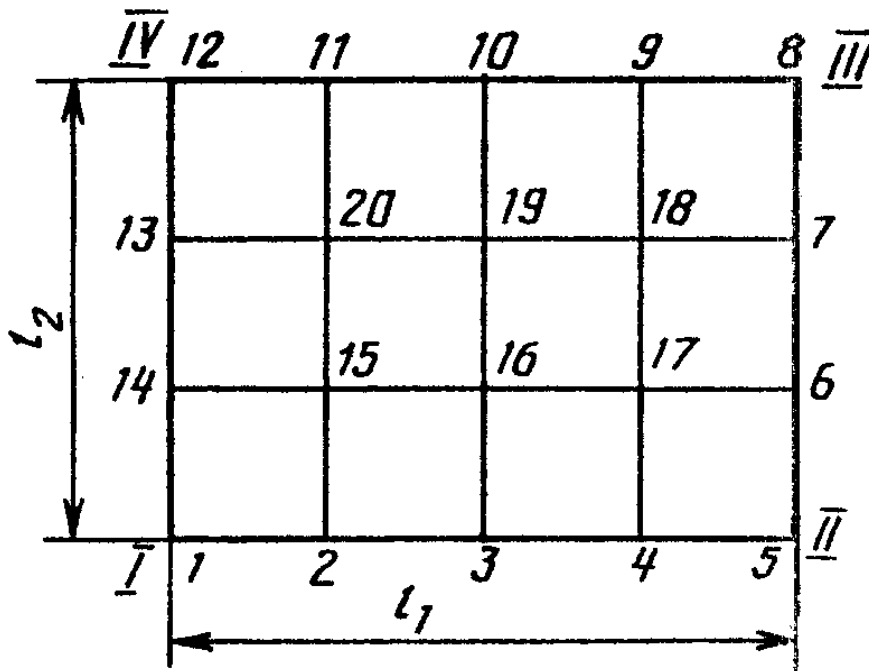
Пример. Определить отклонение от плоскостности поддона металлической формы. Допуск плоскостности установлен в нормативно-технической документации (НТД) и составляет  $\Delta_x = 6$  мм.

Решение. Определяем предельную погрешность измерения по ГОСТ 26433.0

$$\Delta_{x_{мет}} = 0,2 \Delta_x = 0,2 \times 6 = 1,2 \text{ мм.}$$

В соответствии с [приложением 2](#) принимаем метод измерения геометрическим нивелированием с использованием нивелира НЗ и линейки с ценой деления 1,0 мм.

Размечаем на контролируемой поверхности сетку квадратов со сторонами, равными 1 м, и нумеруем точки разметки, подлежащие нивелированию (черт.2).



Черт. 2

"Чертеж 2"

Выполняем нивелировку при двух установках (горизонтах) прибора. Пример записи отсчетов по рейкам приведен в табл.6, графы 4 и 6.

Таблица 6

Номер точки i	Разметка		Нивелирование						Отклонения от условной плоскости, проходящей через диагональ I - III
	l <sub>1i</sub>	l <sub>2i</sub>	Отсчет по рейке				d <sub>i</sub> = h' <sub>i</sub> - h'' <sub>i</sub>	h <sub>i</sub> = (h' <sub>i</sub> + h'' <sub>i</sub> )/2	
			1-я установка		2-я установка				
			a' <sub>i</sub>	h' <sub>i</sub> = a' <sub>1</sub> - a' <sub>i</sub>	a'' <sub>i</sub>	h'' <sub>i</sub> = a'' <sub>1</sub> - a'' <sub>i</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I(1)	0	0	348	0	373	0	0	0	0
II(5)	4	0	345	3	370	3	0	3	3,5
III(8)	4	3	355	-7	379	-6	-1	-6	0
IV(12)	0	3	349	-1	375	-2	+1	-2	3,5
2	1	0	346	2	372	1	+1	2	2,1
3	2	0	345	3	370	3	0	3	3,2
4	3	0	348	0	372	1	-1	0	0,4
6	4	1	345	3	371	2	1	2	4,3
7	4	2	348	0	372	1	-1	0	4,2
9	3	3	353	-5	378	-5	0	-5	0,9
10	2	3	353	-5	379	-6	+1	-6	-0,2
11	1	3	356	-8	380	-7	-1	-8	-2,4
13	0	2	353	-5	377	-4	-1	-4	-0,3
14	0	1	352	-4	378	-5	+1	-4	-2,2
15	1	1	351	-3	376	-3	0	-3	-1,0
16	2	1	349	-1	374	-1	0	-1	1,1
17	3	1	345	-3	371	-2	-1	-2	0,2
18	3	2	352	-4	378	-5	1	-4	0
19	2	2	349	-1	374	-1	0	-1	2,9
20	1	2	352	-4	377	-4	0	-4	-0,3
a' <sub>1</sub> = 348;			a'' <sub>1</sub> = 373;		Сумма d <sub>i</sub> = 0;			дельта h <sub>min</sub> = 2,4 дельта h <sub>max</sub> = 4,3	
дельта x <sub>i</sub> =  дельта h <sub>min</sub>   +  дельта h <sub>max</sub>   = 6,7									



Оцениваем точность по разностям двойных измерений в соответствии с ГОСТ 26433.0.

Вычисляем приведенные отсчеты по формуле (5) настоящего приложения.

Определяем разности  $d_i$ , в каждой паре наблюдений  $d_i = h'_i - h''_i$  и сумму этих разностей Сумма  $d_i$  (графы 8 и 9 табл.6).

Оцениваем среднюю квадратическую погрешность среднего из двух отсчетов по рейке (гр.9 табл.6).

$$S_{x, \text{ мет}} = \text{кв. корень} \left( \frac{\sum_{i=1}^M d_i^2}{4M'} \right) = \text{кв. корень} \left( \frac{1,2}{4,2} \right) = 0,39.$$

Остаточную систематическую погрешность не учитываем, так как Сумма  $d_i = 0$ .

Вычисляем действительную предельную погрешность измерения

$$\text{дельта } x_s, \text{ мет} = t \times S_{x, \text{ мет}} = 2,5 \times 0,39 = 0,98 \text{ мм.}$$

Сравниваем действительную предельную погрешность измерения дельта  $x_s, \text{ мет}$  с дельта  $x_{\text{мет}}$

$$0,98 < 1,2.$$

Действительная предельная погрешность измерения не превышает допустимого значения.

Вычисляем отклонения дельта  $h_i$  от условной плоскости по формулам (4), (6), (7), (8).

Например, отклонение от условной плоскости для точки 6 (см. табл.6)

$$\text{дельта } h_i = h_i - k l_{1i} - k l_{2i};$$

$$h_6 = 2;$$

$$l_{1,6} = 4;$$

$$l_{2,6} = 1;$$

$$k = \frac{h_{II} - k_{III}}{1 - 1};$$

$$k = \frac{h_{IV} - k_{III}}{2 - 1};$$

$$k = \frac{h_{II} + h_{IV} - h_{III}}{3 - 2};$$

$$k = \frac{3 + (-2) - (-6)}{3 - 2} = 3,5;$$

$$k = \frac{3 - 3,5}{1 - 4} = -\frac{0,5}{4};$$

$$k = \frac{-2 - 3,5}{2 - 3} = -\frac{5,5}{3};$$

$$\text{дельта } h_6 = -2 - \left(-\frac{0,5}{4}\right) \times 4 - \left(-\frac{5,5}{3}\right) \times 1 = 2,5 + 1,8 = 4,3.$$

Сравниваем с допуском на плоскостность сумму абсолютных значений положительного и отрицательного отклонений

$$\text{дельта } x_i = |\text{дельта } x_{\text{max}}| + |\text{дельта } x_{\text{min}}| = |4,3| + |-2,4| = 6,7;$$

$$6,7 > 6.$$

Вывод. Плоскостность поверхности не соответствует установленному в НТД допуску Дельта  $x = 6$  мм.