

Измерение отклонения от прямолинейности брусовым уровнем

1. Цель работы.

Изучить устройство брусового уровня, его технические и метрологические характеристики; познакомиться с требованиями ГОСТ 9392-89 «Уровни рамные и брусовые. Технические условия»; произвести измерения с помощью уровня; обработать результаты измерения и дать заключение о годности поверяемой поверхности.

2. Применяемые приборы и оборудование.

1. Уровень брусовый 200-0,05 ГОСТ 9392-89;
2. Боковики из наборов принадлежностей к плоскопараллельным концевым мерам длины ГОСТ 4119-76.
3. Плита 1-0-400х630 ГОСТ 10905-86;

3. Общие сведения.

Уровень – это прибор, предназначенный для измерения отклонения от вертикального и горизонтального положения поверхностей.

Отсчетным элементом уровня является ампула – стеклянная трубка, внутренняя поверхность которой изогнута по дуге с большим радиусом кривизны.

Ампулу заполняют жидким наполнителем (этиловым спиртом или этиловым эфиром) так, чтобы после запайки концов внутри осталось небольшое количество воздуха - пузырек, который является указателем для отсчета угла наклона по шкале ампулы.

Шкала нанесена на наружной поверхности ампулы с интервалом 2 мм, а различная цена деления шкалы ампулы зависит от значения радиуса дуги внутренней поверхности ампулы.

Поворот ампулы на угол φ , перемещение пузырька ℓ на одно деление шкалы и радиус дуги R ампулы связаны зависимостью:

$$\varphi'' = \frac{\lambda}{R} \rho$$

где $\rho = 1 \text{ рад} = 206265''$.

Ампулы изготавливают с ценой деления от 1' до 2'', соответственно малой, средней и высокой точности.

В уровнях цену деления принято выражать не в угловых мерах, а в линейных, как величину наклона, выраженную в миллиметрах на 1 м длины и соответствующую перемещению пузырька ампулы на одно деление шкалы.

Из всех созданных моделей уровней наиболее широкое распространение получили технические уровни: брусовые, рамные и микрометрические.

Данная лабораторная работа выполняется с помощью брускового уровня с ценой деления 0,05 мм/м, изготовленного по ГОСТ 9392-89.

Технические и метрологические характеристики брусковых уровней указаны в таблице 2.

4. Устройство и работа брускового уровня.

Существует два вида брусковых уровней: нерегулируемые и регулируемые.

Ампула нерегулируемого брускового уровня крепится в корпусе с помощью клиньев и заливается твердеющим составом. Положение ампулы такого уровня не регулируется.

Регулируемый брусковый уровень (рис. 1) состоит из основной продольной ампулы 3, смонтированной в корпусе 2. Правая часть корпуса ампулы подвешена на плоской пружине, закрепленной винтом 5 к корпусу уровня 4, а левая часть прижимается к регулировочному винту 1.

Нижняя рабочая поверхность уровня изготовлена с плоскостью и призматической выемкой для установки на плоскую и цилиндрическую поверхность детали.

В корпус уровня вмонтирована и поперечная ампула 6. Если основная ампула имеет шкалу с большим числом делений, то поперечная – всего несколько штрихов. По штрихам поперечной ампулы не считывают отклонений, а только следят, чтобы при установке уровня на проверяемую поверхность пузырек в этой ампуле находился в середине шкалы, т.е. уровень не был наклонен на бок. Определять угол наклона по шкале основной ампулы можно только при правильном расположении уровня, показываемом установочной поперечной ампулой.

Брусковые уровни имеют ограниченные пределы измерения по шкале ампулы и применяются для измерения малых углов наклона.

В данной лабораторной работе предлагается определить отклонение от прямолинейности одной из образующих поверхности плиты поверочной твердокаменной.

5. Порядок работы.

С помощью брускового уровня измерение отклонения от прямолинейности поверхности производят шаговым методом, сущность которого заключается в последовательном измерении смещения отдельных точек проверяемой поверхности относительно начальной точки.

Измерение производится в следующем порядке:

5.1. Перед измерением отклонения от прямолинейности проверяемую поверхность выставить в горизонтальное положение с погрешностью, не превышающей цены деления используемого для измерений уровня. Для этого на начальный участок поверхности установить брусковый уровень и, вращая регулируемые опоры плиты, добиться нулевого положения пузырька.

5.2. Разбить проверяемую поверхность на участки, соответствующие шагу измерения и нанести отметки 0,1..... n (вне проверяемой поверхности). Шаг измерения не должен превышать 1/10 длины проверяемой поверхности.

5.3. Измерение отклонений от прямолинейности производится с помощью боковиков из набора принадлежностей к концевым мерам длины.

Последовательно устанавливая боковики в отмеченных точках, и перемещая уровень с одного участка на другой так, чтобы левая сторона корпуса становилась на предыдущее место правой стороны (без поворота уровня), определить на каждом участке отклонение от прямолинейности по отношению к предыдущему.

5.4. Для уменьшения погрешности измерения от наклона плоскости в поперечном направлении уровень перемещать строго по прямой линии, а отсчет снимать по обеим сторонам пузырька. За нулевые штрихи принять два удлиненных центральных штриха, расположенных друг от друга на расстоянии, равном длине пузырька.

Положение левого конца пузырька определять относительно левого штриха, а правого конца – относительно правого штриха. Отсчет производить в делениях основной (продольной) шкалы ампулы уровня с точностью до десятых долей.

Если конец пузырька расположен справа от соответствующего пузырька, то отсчет записать со знаком «плюс», если слева – со знаком «минус».

5.5. Пример записи и расчетный метод обработки результатов измерения приведен в таблице 1.

В таблице 1:

- графа 1 – номера точек измерения;
- графа 2 – граница поверяемого интервала;
- графа 3 и 4 – показания по левому и правому концам пузырька;
- графа 5 – среднее арифметическое значение m_i отсчетов a_i и b_i ;
- графа 6 – показания уровня по отношению к нулевому положению (A_i).

Вычислять последовательным суммированием значения A_i предыдущей точки (графа 6) со значением m_i последующей точки (графа 5). Результат записать на A_i последующей точки (графа 6).

- графа 7 – поправка B_i ;

Для определения поправок значение A_i , полученное в последней точке измерения поделить на количество участков и умножить последовательно на номера точек. Значение B_i записать в графе 7 на соответствующем номере точки.

- графа 8 – отклонение от прямолинейности в делениях уровня N_i .

Вычислить вычитанием поправок B_i (графа 7) из соответствующих значений A_i (графа 6).

- графа 9 – отклонение от прямолинейности в миллиметрах;

Определить умножением N_i (графа 8) на цену деления уровня c .

Цена деления уровня c , установленного на опоры иная, чем та, которая на нем указана, т.к. для измерения применен мостик (боковики).

Значение цены деления c уровня зависит от расстояния между опорами мостика (отметками на поверяемой поверхности) и определяется отношением:

$$\frac{c}{L} = \frac{N}{1000}; \quad c = \frac{N \times L}{1000},$$

где c – расчетная цена деления уровня, установленного на мостике, мм/м;

N – указанная цена деления уровня, мм/м;

L – расстояние между опорами мостика (между отметками на поверяемой поверхности), мм;

В таблице 1 (графа 9) указаны величины отклонения от прямолинейности, полученные при использовании уровня с $N = 0,1$ мм/м при $L = 100$ мм.

5.6. За величину действительного отклонения от прямолинейности поверяемой поверхности принимают максимальное значение H_i

5.7. По результатам измерения таблицы 1 можно определить отклонение от прямолинейности графическим методом. Порядок обработки результатов измерения следующий:

- 1) По данным графы 6, выбрав масштаб, построить график $A_i = f(L_i)$;
- 2) Соединить значения A_i начальной и конечной точки измерения прямой линией. Положение остальных значений A_i относительно этой прямой даст знак отклонения от прямолинейности: под линией - «минус», над линией – «плюс».
- 3) Величину отклонения от прямолинейности определить измерением (параллельно оси A_i) расстояния от выбранной точки A_i до прямой с учетом масштаба.

Величину действительного отклонения от прямолинейности выбрать согласно требованиям п. 5.6.

ФОРМА ОТЧЕТА

Лабораторная работа №		Измерение отклонения от прямолинейности брусковым уровнем	
Применяемые приборы и оборудование		Данные о детали	
Наименование	Метрологические характеристики	Наименование	
		Длина поверяемой поверхности, мм	
		Допускаемое отклонение от прямолинейности, мкм	
		Расстояние между отметками L, мм	
		Расчетная цена деления уровня с , мм	

Таблица 2 Технические и метрологические характеристики
брусковых уровней (по ГОСТ 9392-89).

Цена деления шкалы мм/м	Длина рабочей поверхности, мм	Допускаемая погрешность уровня на одном делении, мм/м	Допуск плоскостности основания уровней, мкм, при длине рабочей поверхности		Допуск плоскостности рабочих поверхностей призматических канавок, мкм, при длине рабочей поверхности	
			100 и 150 мм	200 и 250 мм	100 и 150 мм	200 и 250 мм
0,01	200; 250	$\pm 0,005$	-	3	-	4
0,02		$\pm 0,006$	-	3	-	4
0,05	100; 200; 250	$\pm 0,015$	3	3	4	5
0,10	100; 150; 200; 250	$\pm 0,030$	3	5	4	6
0,15		$\pm 0,040$	5	8	6	10

Примечание: Допуск плоскостности устанавливается относительно общей прилегающей плоскостности для участков рабочей поверхности длиной 30 мм от края для уровней с рабочей поверхностью длиной 100 и 150 мм и 50 мм – для уровней с рабочей поверхностью длиной 200 и 250 мм.

Отклонение от плоскостности допускается только как вогнутость, при этом вогнутость среднего участка рабочей поверхности должна быть не менее вогнутости участков по краям рабочей поверхности.

Таблица 1. Определение отклонения от прямолинейности (пример расчета).

Номер отметок (точек измерения)	Проверяемые интервалы, мм	Отсчеты по уровню		Среднее арифметическое значение отсчетов $m_i = \frac{a_i + b_i}{2}$	Показания уровня по отношению к нулевому положению $A_i = \sum_{\kappa=1}^i m_{\kappa}$	Поправка $B_i = \frac{i}{n} \cdot \sum_{\kappa=1}^n m_{\kappa}$	Отклонение от прямолинейности в делениях уровня $H_{i_i} = A_i - B_i$	Отклонение от прямолинейности $H_i = c(A_i - B_i)$
		Левая сторона пузырька a_i	Правая сторона пузырька b_i					
		Число делений шкалы ампулы уровня						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0)
1	100	- 0,7	+ 1,7	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,9	- 0,4	-0,004 (- 4)
2	200	- 0,8	+ 1,5	+ 0,4	+ 0,9	+ 1,8	- 0,9	-0,009 (- 9)
3	300	- 0,5	+ 1,8	+ 0,65	+ 1,55	+ 2,7	- 1,15	-0,0115 (- 11,5)
4	400	- 0,4	+ 1,8	+ 0,7	+ 2,25	+ 3,6	- 1,35	-0,0135 (- 13,5)
5	500	- 0,1	+ 2,2	+ 1,05	+ 3,3	+ 4,5	- 1,2	-0,012 (- 12)
6	600	- 0,3	+ 2,0	+ 0,85	+ 4,15	+ 5,4	- 1,25	-0,0125 (- 12,5)
7	700	- 0,1	+ 2,2	+ 1,05	+ 5,2	+ 6,3	- 1,1	-0,011 (- 11)
8	800	- 0,2	+ 2,1	+ 0,95	+ 6,15	+ 7,2	- 1,05	-0,0105 (- 10,5)
9	900	+ 0,3	+ 2,6	+ 1,45	+ 7,6	+ 8,1	- 0,5	-0,005 (- 5)
10	1000	+ 0,2	+ 2,6	+ 1,4	+ 9,0	+ 9,0	0	0 (0)

Условные обозначения: i – номер точки измерения;
 k – номер интервала;
 n – число интервалов;
 c – расчетная цена деления уровня, мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Номер отметок (точек измерения)	Проверяемые интервалы, мм	Отсчеты по уровню		Среднее арифметическое значение отсчетов $m_i = \frac{a_i + b_i}{2}$	Показания уровня по отношению к нулевому положению $A_i = \sum_{\kappa=1}^i m_{\kappa}$	Поправка $B_i = \frac{i}{n} \cdot \sum_{\kappa=1}^n m_{\kappa}$	Отклонение от прямолинейности $H i_i = A_i - B_i$	Отклонение от прямолинейности $H_i = c(A_i - B_i)$
		Левая сторона пузырька a_i	Правая сторона пузырька b_i					
		Число делений шкалы ампулы уровня						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
2								
3								
...								
n								
Закключение о годности детали:								