

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Уральский научно-исследовательский институт метрологии – филиал Федерального
государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт
метрологии им. Д.И. Менделеева» (УНИИМ-филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)

УТВЕРЖДАЮ
Директор УНИИМ – филиала ФГУП
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

С.В. Медведевских
« _____ » _____ 2020 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Линейки поверочные гранитные Planolith

Методика поверки

МП 43-233-2019

Екатеринбург
2020

Предисловие

1 Разработана: УНИИМ - филиалом ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

2 Исполнители: Зав. лабораторией 233
Зам. зав. лабораторией 233

Шимолин Ю.Р.
Трибушевская Л.А.

3 Утверждена:

УНИИМ-филиалом ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» « _ » _____ 2020 г.

Содержание

1	Нормативные ссылки.....	1
2	Термины и определения	2
3	Операции и средства поверки.....	2
4	Требования к квалификации поверителей.....	3
5	Требования безопасности.....	3
6	Условия поверки и подготовка к ней.....	3
7	Проведение поверки	4
8	Оформление результатов поверки.....	10
	ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Определение отклонения от прилегающей прямой графическим способом	11
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) Определение отклонения от прилегающей прямой методом наименьших квадратов	12
	ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное) Научно-техническое обоснование установления требований к параметрам методики поверки	13
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное) Образец заполнения оборотной стороны свидетельства о поверке	16

**Государственная система обеспечения единства измерений.
Линейки поверочные гранитные Planolith.
Методика поверки.**

Дата введения - «___» _____ 2020 г.

Настоящая методика распространяется на линейки поверочные гранитные Planolith (далее - линейки) производства компании PLANOLITH GmbH, Германия, и устанавливает объем и последовательность операций первичной и периодических поверок.

Интервал между поверками – один год.

Метрологические характеристики линеек приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Допускаемые отклонения от плоскостности

Номинальная длина рабочей поверхности линейки, мм	Отклонение от плоскостности, мм, для класса точности:	
	00	0
500	0,0015	0,003
750	0,0020	0,004
1000	0,0020	0,005
1250	0,0030	0,006
1500	0,0030	0,006
1750	0,0035	0,007
2000	0,0035	0,007
2500	0,0040	0,008
3000	0,0050	0,010

* - Допускаемые отклонения от плоскостности не распространяют на зону, расположенную на расстоянии 1 мм от края в поперечном направлении при длине линеек до 2500 мм и 1,5 мм при длине линеек 3000 мм, а в продольном направлении на расстоянии 5 мм от края.

1 Нормативные ссылки

В настоящей методике использовались ссылки на следующие документы:

Приказ Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

«Государственная поверочная схема для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности», утвержденная Приказом от 28 мая 2018 г. № 1045 (далее – Приказ № 1045).

ГОСТ 7502-98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия.

ГОСТ 8026-92 Линейки поверочные. Технические условия.

ГОСТ 9038-90 Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия.

ГОСТ 9392-89 Уровни рамные и брусковые. Технические условия.

ГОСТ 10905-86 Плиты поверочные и разметочные. Технические условия.

ГОСТ 11196-74 Уровни с микрометрической подачей ампулы. Технические условия.

ГОСТ Р 53442-2015 (ИСО 1101:2012) Основные нормы взаимозаменяемости.

Характеристики изделий геометрические. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения

Примечание - При использовании настоящей методики целесообразно проверить действие ссылочных документов. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то раздел, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

2 Термины и определения

2.1 В настоящей методике используются термины и определения, данные в ГОСТ Р 53442-2015 (ИСО 1101:2012), ГОСТ 8026, а также приняты следующие определения и сокращения:

2.1.1 **отклонение от плоскостности (от «вершины до впадины» (peak-to-valley flatness deviation))** - значение наибольшего положительного местного отклонения плоскостности, прибавленное к абсолютному значению наибольшего отрицательного меньшего отклонения плоскостности.

2.1.2 **отклонение прямолинейности (от "вершины до впадины" peak-to-valley straightness deviation)** - значение наибольшего положительного местного отклонения прямолинейности, прибавленное к абсолютному значению наибольшего отрицательного меньшего отклонения прямолинейности.

2.1.3 **опорная плоская поверхность (reference plane)** - ассоциированная плоская поверхность, соответствующая поверхности плоскостности по заданным правилам, относительно которой измеряются отклонения от плоскостности и параметры плоскостности.

2.1.4 **прилегающая прямая (опорная прямая)** - прямая, соприкасающаяся с поверхностью в наиболее выступающих точках, проходящая вне материала изделия и ориентированная таким образом, чтобы расстояние от нее до наиболее удаленных точек поверхности было наименьшим.

2.1.5 **извернутость** - наибольший угол между прямыми, соединяющими крайние точки поперечных сечений рабочей поверхности линейки.

3 Операции и средства поверки

3.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики
Внешний осмотр	7.1
Определение отклонений от плоскостности	7.2

3.2 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Номер пункта методики	Наименование эталонного средства измерений или вспомогательного средства поверки, номер документа, регламентирующего технические требования к средству, его метрологические характеристики
6-7	Термогигрометр электронный, диапазон измерений: температура воздуха от +10 до +30 °С, $\Delta=\pm 1$ °С; относительная влажность воздуха от 15 до 90 %, $\Delta=\pm 3$ %
6.4	Рулетка КТ 3 по ГОСТ 7502-98 или линейка измерительная металлическая $\Delta=\pm 0,2$ мм (в соответствии с длиной поверяемой линейки)
7.2	<p>Для определения извернутости: Уровень с микрометрической подачей ампулы типа 1 с ценой деления 0,01 мм/м по ГОСТ 11196 или электронные уровни с ценой деления 0,1" или 0,2" 1-го разряда по Приказу № 1045 или брусковый уровень с ценой деления 0,02 мм/м по ГОСТ 9392.</p> <p>Для определения отклонений от прямолинейности в поперечном направлении: Линейка лекальная типа ЛД, КТ 0 по ГОСТ 8026; Меры концевые плоскопараллельные 3 КТ по ГОСТ 9038.</p> <p>Для определения отклонений от прямолинейности в продольном направлении: Рабочий эталон единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности 1-го разряда согласно Приказу от 28 мая 2018 года № 1045: автоколлиматоры с ценой деления 0,2" или 0,25" с измерительной кареткой или электронные уровни с ценой деления 0,1" или 0,2" или оптическая линейка с ценой деления 0,5 мкм для линеек с номинальной длиной 500 мм и отклонением от плоскостности 0,003 мм; Плита поверочная соответствующей длины КТ 2 по ГОСТ 10905.</p>

3.3 Допускается применение средств поверки, отличающихся от приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение метрологических характеристик линеек с требуемой точностью.

3.4 Эталоны, применяемые для поверки, должны быть аттестованы и иметь действующие свидетельства об аттестации, средства измерений - поверены и иметь действующие свидетельства о поверке.

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению поверки допускаются лица, имеющие образование не ниже среднего технического, ознакомившиеся с эксплуатационной документацией на линейки и средства поверки, работающие в метрологической службе предприятия, аккредитованной на право поверки средств измерений геометрических величин.

5 Требования безопасности

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации.

6 Условия поверки и подготовка к ней

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха в помещении, в котором проводят поверку, должна быть (20 ± 3) °С;
- скорость изменения температуры во время испытаний не должна превышать 1 °С/ч;
- относительная влажность воздуха должна быть не более 80 %.

6.2 Перед проведением поверки линеек должны быть выполнены следующие подготовительные работы.

6.3 Линейка должна быть выдержана в помещении, где проводят поверку, не менее 12 ч и, при необходимости, протерта салфеткой с применением обезжиривающего средства.

6.4 На боковую поверхность линейки наносят отметки против точек, в которых будут производиться измерения при определении отклонений от прямолинейности рабочих поверхностей. Точки должны быть распределены равномерно, их размечают с помощью рулетки или линейки измерительной металлической. Число проверяемых точек должно быть не менее указанных в таблице 4.

Таблица 4 – Число проверяемых точек

Номинальная длина рабочей поверхности линейки, мм	Наименьшее число проверяемых точек, шт.
500	5
750-1000	7
1000-3000	11

Точкам присваивают порядковые номера 0, 1, 2,...n. Крайние точки с номерами 0 и n располагают на расстоянии 5 мм от концов линейки. При расположении линейки лицевой стороной к испытателю нумерация точек начинается слева направо.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре проверяют внешний вид линейки, маркировку и комплектность.

7.1.2 На каждой линейке должны быть нанесены заводской номер, класс точности и товарный знак предприятия – изготовителя.

7.1.3 Должны отсутствовать механические повреждения (трещины, выбоины и др.) на рабочих поверхностях линейки, влияющие на эксплуатационные качества.

7.1.4 У линейек, находящихся в эксплуатации, допускается наличие царапин, вмятин и забоин, не выступающих над рабочей поверхностью и не влияющих на эксплуатационные качества линейек.

7.1.5 Визуально оценить качество обработки рабочих поверхностей линейки: поверхность должна быть гладкая, ровная, однородная.

7.1.6 Комплектность линейек должна соответствовать указанной в руководстве по эксплуатации.

7.2 Определение отклонений от плоскостности

7.2.1 Поверяемую линейку устанавливают на опорные призмы, располагая их от концов линейки на расстоянии, равном $0,22L$, где L – длина линейки в метрах.

7.2.2 *Определение извернутости рабочей поверхности линейки*

7.2.2.1 Извернутость определяют с помощью уровня с микрометрической подачей ампулы или системы электронных уровней или брусковым уровнем в каждой точке согласно 6.4 настоящей методики.

7.2.2.2 Уровень устанавливают перпендикулярно длинному ребру проверяемой поверхности линейки, снимают показания и заносят их в протокол. Извернутость определяют как наибольшую разность полученных показаний.

7.2.2.3 При использовании системы электронных уровней два измерительных уровня подключают к блоку преобразования, входящего в комплект. Один уровень устанавливают на рабочую поверхность линейки перпендикулярно длинному ребру проверяемой поверхности линейки так, чтобы все опоры уровня находились на поверхности линейки. Второй уровень помещают последовательно в проверяемых сечениях рабочей поверхности, располагая его

параллельно первому, снимают показания по шкале блока преобразований и заносят их в протокол. Извернутость определяют как наибольшую разность полученных показаний.

7.2.3 Определение отклонения от прямолинейности в поперечном направлении

7.2.3.1 Определение отклонения от прямолинейности в поперечном направлении проводят с помощью лекальной линейки и мер длины концевых плоскопараллельных для каждого поперечного сечения в точках по 6.4.

7.2.3.2 Меры длины концевые плоскопараллельные одинакового номинального размера N устанавливают у краев проверяемого поперечного сечения и помещают на них лекальную линейку. Затем, подбирая концевые меры, определяют зазор N_i между поверхностями линеек в центральной точке поперечного сечения. Отклонение от прямолинейности в поперечном направлении определяют по формулам

$$h_{i\text{п}} = h_{i2\text{п}} = N_i - N, \quad (1)$$

$$h_{i1\text{п}}, h_{i3\text{п}} = 0, \quad (2)$$

- где $h_{i\text{п}}$ - отклонение от прямолинейности i -ого – поперечного сечения, мкм;
 $h_{i2\text{п}}$ - отклонение от прямой, соединяющей крайние точки профиля i – поперечного сечения, в средней точке (точке пересечений со 2-ым продольным сечением), мкм;
 $h_{i1\text{п}}, h_{i3\text{п}}$ - отклонения от прямой, соединяющей крайние точки профиля i – поперечного сечения, в крайних точках (точках пересечений с 1-ым и 3-им продольным сечением), мкм;
 N - номинальный размер мер длины концевых плоскопараллельных, установленных у краев проверяемого поперечного сечения, мм
 N_i - номинальный размер меры длины концевой плоскопараллельной, соответствующий зазору между поверхностями линеек, мм.

7.2.4 Определение отклонения от прямолинейности в продольном направлении

7.2.4.1 Отклонения от прямолинейности в продольном направлении определяют с помощью автоколлиматора с измерительной кареткой или электронных уровней или оптической линейки (для линеек с номинальной длиной 500 мм и отклонением от плоскостности 0,003 мм).

7.2.4.2 Для определения отклонения от прямолинейности необходимо найти наибольшее отклонение точек профиля от опорной прямой.

При обработке результатов измерений сначала вычисляют значения отклонений H_i от прямой, соединяющей крайние точки профиля. Если все значения H_i имеют один знак, то наибольшее по абсолютному значению отклонение от прямой, соединяющей крайние точки, совпадает с наибольшим отклонением от прилегающей прямой и его принимают за отклонение от прямолинейности в продольном направлении.

Если при обработке результатов получены положительные и отрицательные значения H_i , то за отклонение от прямолинейности принимают значение, равное сумме абсолютных значений наибольшего положительного и наибольшего отрицательного значений H_i .

7.2.4.3 Определение отклонений от прямолинейности в продольном направлении с помощью электронных уровней.

Один уровень из комплекта располагают на поверхности плиты рядом с линейкой, для того чтобы скомпенсировать наклон плиты относительно горизонта. Второй уровень располагают на измерительной поверхности линейки, таким образом, чтобы все опоры уровня находились на поверхности линейки. Базу уровня устанавливают равной расстоянию между размеченными точками на линейке. Уровень устанавливают последовательно на участки 0-1, 1-2, 2-3 и т.д. и снимают показания a_i . Полученные значения умножают на расстояние между опорами уровня l в

метрах. Далее определяют значения ординат y_i точек кривой профиля. Условно принимают, что точка 0 совпадает с осью абсцисс, т. е. $y_0 = 0$. Ординаты остальных точек вычисляют по формуле

$$y_i = b_i + y_{i-1}. \quad (3)$$

Для определения отклонений H_i проверяемых точек от прямой, соединяющей концы профилограммы, из значений ординат y_i вычитают поправки δ_i на наклон профилограммы к оси абсцисс. Значения поправок δ_i определяют по формуле

$$\delta_i = \frac{y_n}{n} \cdot i, \quad (4)$$

где y_n - ордината последней точки ($i = n$), мкм;
 n - номер последней точки;
 i - порядковый номер точки, для которой рассчитывают поправку.

Обработку результатов измерений проводят в последовательности, установленной в таблице 5.

Таблица 5 – Обработка результатов измерений

Номера точек, i	a_i	b_i	$y_i = b_i + y_{i-1}$	$\delta_i = \frac{y_n}{n} i$	$h_{i \text{ прод}} = y_i - \delta_i$
0	a_0	$b_0 = 0$	$y_0 = 0$	$\delta_0 = 0$	$H_0 = 0$
1	a_1	$b_1 = a_1 \cdot l$	$y_1 = b_1 + y_0$	$\delta_1 = \frac{y_n}{n} 1$	$H_1 = y_1 - \delta_1$
2	a_2	$b_2 = a_2 \cdot l$	$y_2 = b_2 + y_1$	$\delta_2 = \frac{y_n}{n} 2$	$H_2 = y_2 - \delta_2$
...
n	a_n	$b_n = a_n \cdot l$	$y_n = b_n + y_{n-1}$	$\delta_n = y_n$	$H_n = 0$

Следует провести не менее трех независимых измерений.

Отклонение от прямолинейности определяют в соответствии с 7.2.4.2.

7.2.4.4 Определение отклонений от прямолинейности в продольном направлении с помощью автоколлиматора.

Автоколлиматор помещают у одного из концов линейки на опору, обеспечивающую стабильность углового положения его оптической оси.

Если цифры, обозначающие деления вертикальной шкалы автоколлиматора, увеличиваются сверху вниз, автоколлиматор располагают около точки с порядковым номером 0, если снизу вверх – около последней точки.

Плоское зеркало закрепляют на измерительной каретке, расстояние между опорами которой устанавливают равным расстоянию между проверяемыми точками. Рекомендуется применять зеркало с магнитным основанием и оптическим приспособлением для установки плоскости зеркала перпендикулярно к оси автоколлиматора.

Зеркало помещают на ближайший к автоколлиматору участок проверяемой поверхности. При этом центр зеркала должен быть расположен против центра объектива автоколлиматора. Регулируя наклон зеркала и автоколлиматора, устанавливают автоколлимационное изображение марки автоколлиматора в центр поля зрения окуляра. Затем перемещают зеркало на наиболее удаленный участок и проверяют яркость изображения марки. При недостаточной яркости дополнительно регулируют положения зеркала и автоколлиматора.

Измерения начинают с участка 0-1, устанавливая опоры каретки против отметок, нанесенных на боковой поверхности линейки. Показания по автоколлиматору α_i , полученные при последовательной установке зеркала на участки 0-1, 1-2, 2-3 и т. д., заносят в протокол. После окончания измерений проверяют начальное показание на участке 0-1. Его изменение не должно превышать 0,5". В противном случае измерения необходимо повторить.

Обработку результатов измерений проводят в последовательности, установленной в таблице 6.

Таблица 6 – Обработка результатов измерений

Номера точек, i	α_i	$\beta_i = \alpha_i - \alpha_1$	$h_i = a \cdot \beta_i$	$y_i = y_{i-1} + h_i$	$\delta_i = \frac{y_n}{n} i^{**}$	$h_{i \text{ прод}} = y_i - \delta_i$
	угловые секунды			МКМ		
0	-	-	-	$y_0 = 0$	$\delta_0 = 0$	$h_{0 \text{ прод}} = 0$
1	α_1	$\beta_1 = 0$	$h_1 = 0$	$y_1 = h_1 = 0$	$\delta_1 = \frac{y_n}{n} \cdot 1$	$h_{1 \text{ прод}} = y_1 - \delta_1$
2	α_2	$\beta_2 = \alpha_2 - \alpha_1$	$h_2 = a \cdot \beta_2$	$y_2 = y_1 + h_2$	$\delta_2 = \frac{y_n}{n} \cdot 2$	$h_{2 \text{ прод}} = y_2 - \delta_2$
3	α_3	$\beta_3 = \alpha_3 - \alpha_1$	$h_3 = a \cdot \beta_3$	$y_3 = y_2 + h_3$	$\delta_3 = \frac{y_n}{n} \cdot 3$	$h_{3 \text{ прод}} = y_3 - \delta_3$
...
n	α_n	$\beta_n = \alpha_n - \alpha_1$	$h_n = a \cdot \beta_n$	$y_n = y_{n-1} + h_n$	$\delta_n = y_n$	$h_{n \text{ прод}} = 0$

*- $a=4,8 \cdot 10^{-6} \cdot l$, где l – расстояние между опорами измерительной каретки.

** - где n и y_n – порядковый номер и ордината последней точки; i – номер точки, для которой вычисляют поправку

Сначала вычисляют разности β_i , между показаниями α_i на каждом участке и показанием на первом участке. Полученные разности β_i дают значения углов наклона каждого участка по отношению к участку 0-1. Затем находят значения h_i , показывающие, насколько каждая проверяемая точка выше или ниже предыдущей.

Далее определяют значения ординат y_i точек кривой профиля. Условно принимают, что точка 0 совпадает с осью абсцисс, т. е. $y_0 = 0$.

Для определения отклонений $h_{i \text{ прод}}$ проверяемых точек от прямой, соединяющей крайние точки профиля линейки, из значений ординат y_i вычитают поправки δ_i наклон профилограммы к оси абсцисс.

Следует провести не менее трех независимых измерений.

Вычислив отклонения $h_{i \text{ прод}}$ для каждого измерения, вычисляют средние арифметические значения отклонений в каждой точке и по ним определяют отклонение от прямолинейности по 7.2.4.2.

7.2.4.5 Определение отклонений от прямолинейности в продольном направлении с помощью оптической линейки (для линеек с номинальной длиной 500 мм и отклонением от плоскостности 0,003 мм).

Проверяемую линейку устанавливают на плиту. Оптическую линейку устанавливают на домкраты, регулируемые по высоте. Измерительную каретку вводят в шлиц оптической линейки и устанавливают ее на рабочую поверхность проверяемой линейки. Регулированием высоты домкратов добиваются появления в поле зрения измерительной каретки изображений визирного штриха и биссектора. Переместив каретку в крайнее левое положение так, чтобы ее щуп опирался на точку поверхности с порядковым номером 0, вращением микровинта окулярного микрометра биссектор

совмещают с визирным штрихом и перемещают каретку в крайнее правое положение. Если изображения штриха и биссектора не совпали, их совмещают вращением подъемного винта правого домкрата или установленной на него регулируемой опоры оптической линейки, после чего снова перемещают каретку в крайнее левое положение и совмещают изображения вращением микровинта. Эти операции выполняют до тех пор, пока разность показаний в крайних точках будет не более 5 мкм. Затем устанавливают измерительную каретку последовательно на все проверяемые точки, определяя их положение с помощью шкалы оптической линейки; и снимают показания a_i по окулярному микрометру с точностью до десятых долей делений барабана микрометра. Отклонения от прямой, соединяющей крайние точки профиля $h_{i \text{ прод}}$, определяют по формуле

$$h_{i \text{ прод}} = a_i - a_0 - \frac{i}{n}(a_n - a_0), \quad (5)$$

где i – порядковый номер точки; a_0 и a_n – показания в крайних точках; a_i – показание в i -й точке; n – номер последней точки.

Обработку результатов измерений проводят в последовательности, установленной в таблице 7.

Таблица 7 – Обработка результатов измерений

Номера точек, i	a_i	$y_i = a_i - a_0$	$\delta_i = \frac{y_n}{n} i^*$	$h_{i \text{ прод}} = y_i - \delta_i$
0	a_0	$y_0 = 0$	$\delta_0 = 0$	$h_{0 \text{ прод}} = 0$
1	a_1	$y_1 = a_1 - a_0$	$\delta_1 = \frac{y_n}{n} 1$	$h_{1 \text{ прод}} = y_1 - \delta_1$
2	a_2	$y_2 = a_2 - a_0$	$\delta_2 = \frac{y_n}{n} 2$	$h_{2 \text{ прод}} = y_2 - \delta_2$
...
n	a_n	$y_n = a_n - a_0$	$\delta_n = y_n$	$h_{n \text{ прод}} = 0$

*-где n и y_n – порядковый номер и ордината последней точки; i – номер точки, для которой вычисляют поправку

Если положение оптической линейки отрегулировано так, что разность показаний в крайних точках не превышает 1 мкм, то в этом случае сразу вычисляют отклонение от прямой, соединяющей концы профиля по формуле

$$h_{i \text{ прод}} = a_i - \frac{a_0 + a_n}{2}. \quad (6)$$

Далее определяют отклонения от прямолинейности линеек в соответствии с 7.2.4.2.

7.2.4.6 Отклонения от прямолинейности в продольном направлении не должны превышать значений отклонений от плоскостности, приведенных в таблице 1, в противном случае по полученным результатам измерений отклонений от прямой, соединяющей крайние точки определяют отклонения от опорной прямой, построенной методом наименьших квадратов (приложение Б), либо графическим методом (приложение А) с дальнейшей оценкой отклонения от прямолинейности в продольном направлении по 7.2.4.2. И если вновь полученное отклонение от прямолинейности превышает приведенное значение в таблице 8 линейку признают непригодной к применению и дальнейшие проверки и расчеты не проводят.

7.2.5 *Определение отклонений от плоскостности рабочей поверхностей линейки*

7.2.5.1 Для линейек характеристики извернутости, отклонения от прямолинейности в поперечном направлении и в продольном направлении которых не превышают указанных в таблицах 8, 9, 10, отклонение от плоскостности принимают не превышающим отклонения, приведенные в таблице 1. В противном случае расчет отклонения от плоскостности проводят по 7.2.5.2.

Таблица 8 – Допускаемые отклонения от прямолинейности в продольном направлении

Номинальная длина рабочей поверхности линейки, мм	Отклонение от прямолинейности в продольном направлении, мм, для класса точности:	
	00	0
500	0,0013	0,0028
750	0,0018	0,0038
1000	0,0018	0,0047
1250	0,0028	0,0057
1500	0,0028	0,0057
1750	0,0033	0,0067
2000	0,0033	0,0067
2500	0,0037	0,0077
3000	0,0047	0,0097

Таблица 9 – Допускаемая извернутость линейек

Номинальная длина рабочей поверхности линейки, мм	Извернутость линейек, мм/м, для класса точности:	
	00	0
500	0,015	0,015
750	0,015	0,020
1000	0,015	0,020
1250	0,020	0,025
1500	0,020	0,025
1750	0,020	0,030
2000	0,025	0,030
2500	0,025	0,030
3000	0,025	0,030

Таблица 10 – Допускаемое отклонение от прямолинейности в поперечном направлении

Номинальная длина рабочей поверхности линейки, мм	Отклонение от прямолинейности в поперечном направлении, мкм, для класса точности:	
	00	0
500	0,60	1,00
750	0,60	1,00
1000	0,60	1,00
1250	1,00	1,50
1500	1,00	1,50
1750	1,00	1,50
2000	1,00	1,50
2500	1,00	1,50
3000	1,00	1,50

7.2.5.2 Отклонение от плоскостности рабочей поверхности линейки определяют по формулам

$$H_{\text{плоск}} = \max_{\substack{0 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq 3}} (H_{ij}) - \min_{\substack{0 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq 3}} (H_{ij}) \quad (7)$$

$$H_{ij} = (h_{ij \text{ прод}}) + (h_{ij \text{ п}} - h_{2j \text{ п}}) + \frac{b(j-2)}{2} \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{мин}} + \alpha_{\text{макс}}}{2} - \alpha_i \right), \quad (8)$$

$$h_{i1 \text{ прод}} = h_{i2 \text{ прод}} = h_{i3 \text{ прод}} = h_{i \text{ прод}},$$

- где H_{ij} отклонение от опорной плоскости в точке пересечений j – продольного сечения и i -го поперечного, мкм;
- H_{ij} отклонение от опорной плоскости в точке пересечений j – продольного сечения и i -го поперечного, мкм;
- $h_{ij \text{ прод}}$ отклонение точки профиля j – продольного сечения от опорной прямой в точке пересечений с i -м поперечным сечением, мкм;
- $h_{ij \text{ п}}$ отклонение от прямой соединяющей крайние точки профиля i – поперечного сечения в точке пересечений с j -м продольным сечением, мкм;
- $h_{2j \text{ п}}$ отклонение от прямой соединяющей крайние точки профиля i – поперечного сечения в точке пересечений со средним продольным сечением, мкм;
- b ширина рабочей поверхности линейки, мм;
- j порядковый номер продольного сечения ($1 \leq j \leq 3$, $j = 2$ – соответствует среднему продольному сечению, $j = 3$ – ближе к оператору продольное сечение), мкм;
- α_i угол наклона профиля i – го – поперечного сечения относительно горизонта (положительное значение угла принимается поворот уровня по часовой стрелке, если смотреть с торца линейки, соответствующего началу отсчета), мкм/мм;
- $\alpha_{\text{макс}}$ ($\alpha_{\text{мин}}$) максимальное (минимальное) значение угла наклона профиля поперечного сечения относительно горизонта, мкм/мм.

7.2.6 Отклонение от плоскостности рабочих поверхностей линеек поверочных гранитных Planolith не должно превышать приведённых в таблице 1.

7.2.7 Вторую рабочую поверхность проверяют аналогично, перевернув линейку на 180° .

8 Оформление результатов поверки

8.1 По результатам поверки оформляется протокол поверки произвольной формы.

8.2 Положительные результаты поверки линеек поверочных гранитных Planolith оформляются согласно Приказа Минпромторга России от 02.07.2015 N 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» выдачей свидетельства о поверке. На оборотной стороне свидетельства о поверке указывают отклонения от прямой, соединяющей крайние точки профиля. Образец заполнения оборотной стороны свидетельства о поверке приведен в приложении Г.

8.3 Отрицательные результаты поверки линеек поверочных гранитных Planolith оформляются согласно Приказа Минпромторга России от 02.07.2015 N 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» выдачей извещения о непригодности с указанием причин непригодности.

Зав. лабораторией 233
УНИИМ - филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева

Зам. зав. лабораторией 233
УНИИМ - филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева



Ю.Р. Шимолин

Л.А. Трибушевская

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Определение отклонения от прилегающей прямой графическим способом

А.1 Определение отклонения от прилегающей прямой начинают с построения кривой профиля проверяемой поверхности (рисунок А.1).

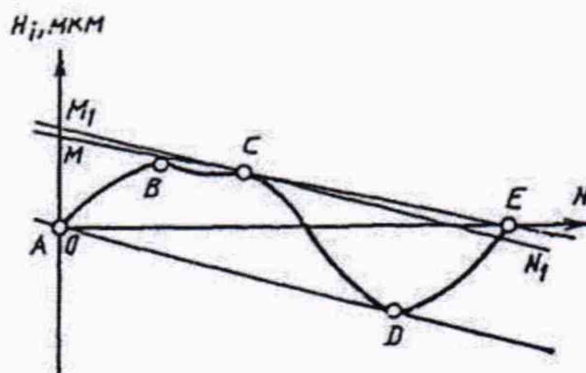


Рисунок А.1

Откладывая по оси абсцисс в произвольном масштабе интервалы, соответствующие проверяемым точкам, а по оси ординат - отклонения этих точек от прямой, соединяющей крайние точки, определяют положение точек кривой профиля и соединяют их плавной линией.

Выбирают самую высокую точку *B* и проводят прямую, соприкасающуюся с кривой профиля в двух самых низких точках *A* и *D*, расположенных по разные стороны от самой высокой точки и наиболее удаленных одна от другой. Выбирают такие точки, чтобы прямая *AD*, соединяющая их, не пересекала кривую профиля. Все точки кривой профиля должны лежать выше прямой *AD* или, в крайнем случае, совпадать с ней. Определяют расстояние от наиболее выступающих точек до прямой *AD* на участке кривой профиля, заключенном между наиболее низкими точками. Точку, имеющую наибольшее расстояние от прямой *AD*, считают наиболее выступающей точкой поверхности. В данном случае такой является не точка *B*, имеющая наибольшее отклонение от прямой, соединяющей концы кривой профиля, а точка *C*. Следовательно, прилегающая прямая соприкасается с поверхностью в точке *C*. Через точку *C* проводят прямую *M₁N₁*, параллельную прямой *AD*. Если прямая *M₁N₁* не пересекает кривую профиля, она является прилегающей, и отклонение от прямолинейности равно расстоянию наиболее низких точек *A* и *D* от прямой *M₁N₁*. В данном случае прямая *M₁N₁* пересекает кривую профиля, следовательно, она проходит внутри материала изделия и не отвечает одному из требований, предъявляемых к прилегающей прямой. Поэтому через точку *C* проводят прямую *MN*, имеющую меньший наклон и касающуюся кривой профиля еще в одной точке *E*, но не пересекающую ее. Эта прямая является прилегающей, а наибольшее расстояние от нее (в данном случае расстояние точки *D*) - отклонением от прямолинейности.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Определение отклонения от прилегающей прямой методом наименьших квадратов

Б.1 Определение отклонений от опорной прямой, построенной методом наименьших квадратов

$$h_{\text{прод}} = \max_{0 \leq i \leq n} \tilde{h}_{i \text{ прод}} - \min_{0 \leq i \leq 20} \tilde{h}_{i \text{ прод}}, \quad (\text{Б.1})$$

$$\tilde{h}_{i \text{ прод}} = h_{i \text{ прод}} - y_i, \quad (\text{Б.2})$$

$$y_i = a + \beta \cdot x_i, \text{ где } \beta = \frac{n \sum_{i=1}^n (h_{i \text{ прод}} - \overline{h_{\text{прод}}})(x_i - \bar{x})}{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad \alpha = \overline{h_{i \text{ прод}}} - \beta \cdot \bar{x}, \quad (\text{Б.3})$$

где $\tilde{h}_{i \text{ прод}}$ - отклонение от опорной прямой, рассчитанной методом наименьших квадратов, мкм;
 y_i - значение ординаты опорной прямой для i -ой точки, мкм;
 a и β - параметры модели парной регрессии;
 x_i - координата по оси x , мм;
 α_j и β_j - параметры модели парной регрессии.

Допускается проводить определение отклонений с использованием встроенных функций программного продукта Microsoft Excel.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

Научно-техническое обоснование установления требований к параметрам методики поверки

Фактически, отклонение от плоскостности – это наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости, где, в свою очередь, прилегающая плоскость – плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала линейки так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.

В силу сложности определения параметров прилегающей плоскости в настоящей методике используется понятие опорная плоскость. Так как отклонения от опорной плоскости не могут быть меньше, чем от прилегающей плоскости, то установленные соответствия параметров плоскостности относительно опорной плоскости могут считаться аналогичными параметрам плоскостности относительно прилегающей плоскости.

Опорная плоскость образована опорной прямой в продольном направлении и прямой в поперечном направлении, проходящей под углом к горизонту, соответствующем

$$\alpha = \alpha_{\min} + \frac{1}{2} \Delta\alpha, \quad (\text{В.1})$$

где $\Delta\alpha$ - извернутость, мкм/мм;
 α_{\min} - минимальный угол поворота поперечного сечения относительно горизонта, мкм/мм.

Отклонение от плоскости $H_{\text{плоск}}$ является оценочной характеристикой, которую можно представить формулой

$$H_{\text{плоск}} = \max_{\substack{0 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq 3}} (H_{ij}) - \min_{\substack{0 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq 3}} (H_{ij}) \quad (\text{В.2})$$

где H_{ij} - отклонение от опорной плоскости в точке пересечений j – продольного сечения и i -го поперечного, мкм;

В свою очередь, отклонение от опорной плоскости в каждой точке поверхности можно определить, как суперпозицию отклонений от прямой отдельных сечений поверхности в продольных и поперечных направлениях, выраженную формулами

$$H_{ij} = (h_{ij \text{ прод}}) + (h_{ij \text{ п}} - h_{2j \text{ п}}) + \frac{b(j-2)}{2} \cdot \left(\frac{\alpha_{\min} + \alpha_{\max}}{2} - \alpha_i \right), \quad (\text{В.3})$$

где h_{ij} - отклонение от опорной плоскости в точке пересечений j – продольного сечения и i -го поперечного, мкм;
 $h_{ij \text{ прод}}$ - отклонение точки профиля j – продольного сечения от опорной прямой в точке пересечений с i -м поперечным сечением, мкм;
 $h_{ij \text{ п}}$ - отклонение от прямой соединяющей крайние точки профиля i – поперечного сечения в точке пересечений с j -м продольным сечением, мкм;

- $h_{2jп}$ - отклонение от прямой соединяющей крайние точки профиля i – поперечного сечения в точке пересечений со средним продольным сечением, мкм;
- b - ширина рабочей поверхности линейки, мм;
- j - порядковый номер продольного сечения ($1 \leq j \leq 3$, $j = 2$ – соответствует среднему продольному сечению, $j = 3$ - ближе к оператору продольное сечение), мкм;
- α_i - угол наклона профиля i – го – поперечного сечения относительно горизонта (положительное значение угла принимается поворот уровня по часовой стрелке, если смотреть с торца линейки, соответствующего началу отсчета), мкм/мм;
- α_{\max} (α_{\min}) - максимальное (минимальное) значение угла наклона профиля поперечного сечения относительно горизонта, мкм/мм.

Таким образом, отклонение от опорной плоскости можно представить в общем виде

$$H_{\text{плоск}} = f(H_{\text{прод}}, H_{\text{п}}, H_{\text{изв}}), \text{ где} \quad (\text{B.4})$$

$$H_{\text{прод}} = \max_{1 \leq j \leq 3} (H_{\text{прод}j}) = H_{\text{прод}2}, \quad (\text{B.5})$$

$$H_{\text{прод}2} = \max_{0 \leq i \leq n} (h_{i2 \text{ прод}}) - \min_{0 \leq i \leq n} (h_{i2 \text{ прод}}); \quad (\text{B.6})$$

$$H_{\text{п}} = \max_{0 \leq i \leq n} (H_{\text{п}i}); \quad H_{\text{п}i} = \max_{1 \leq j \leq 3} (h_{ij \text{ п}}) - \min_{1 \leq j \leq 3} (h_{ij \text{ п}}) \quad (\text{B.7})$$

$$H_{\text{изв}} = \max_{0 \leq i \leq n} \left(\frac{b(j-2)}{2} \cdot \left(\frac{\alpha_{\min} + \alpha_{\max}}{2} - \alpha_i \right) \right) \quad (\text{B.8})$$

$$- \min_{0 \leq i \leq n} \left(\frac{b(j-2)}{2} \cdot \left(\frac{\alpha_{\min} + \alpha_{\max}}{2} - \alpha_i \right) \right) = \frac{b(j-2)}{2} \cdot (\alpha_{\max} - \alpha_{\min})$$

Для определения предельных допусковых значений составляющих отклонения от плоскостности обусловленных извернутостью, отклонениями от прямолинейности в продольном и поперечном направлении¹ необходимо перейти от интервальной оценки к точечной и отсутствие точной информации о возможных значениях величины $h_{ij \text{ прод}}$ в пределах границ их изменения от $\max_{0 \leq i \leq n} (h_{ij \text{ прод}})$ до $\min_{0 \leq i \leq n} (h_{ij \text{ прод}})$, не позволяет сделать иного предположения о плотности распределения вероятностей $h_{ij \text{ прод}}$ кроме как принять ее постоянной в пределах интервала от $\max_{0 \leq i \leq n} (h_{ij \text{ прод}})$ до $\min_{0 \leq i \leq n} (h_{ij \text{ прод}})$ и нулевой вне этого интервала. Распределение вероятностей такого вида содержит разрывы (на границах интервала), что зачастую не имеет под собой ясной физической основы и дает основание полагать, что значения, $h_{ij \text{ прод}}$, вблизи границ интервала гораздо менее вероятны, чем в его центре. Тогда симметричное прямоугольное распределение целесообразно заменить симметричным трапецидальным распределением с шириной нижнего основания $\max_{0 \leq i \leq n} (h_{ij \text{ прод}}) - \min_{0 \leq i \leq n} (h_{ij \text{ прод}}) = h_{\text{прод}}$ и шириной верхнего основания $\frac{3}{4} \cdot h_{\text{прод}}$.

¹ Далее приводится информация относительно только отклонений продольных сечений, подход к отклонениям в поперечных сечениях и извернутости аналогичен.

Дисперсия определяется по формуле $\sigma^2(h_{\text{прод}}) = \frac{h_{\text{прод}}^2(1+0,75^2)}{6}$. Для перехода к интервальной оценке используется множитель 1,96, для уровня доверия 95 %.

Таким образом отклонение от плоскостности можно представить формулой

$$H = 1,96 \sqrt{\frac{h_{\text{прод}}^2(1 + 0,75^2)}{6} + \frac{h_{\text{п}}^2(1 + 0,75^2)}{6} + \frac{\Delta\alpha^2(1 + 0,75^2)}{6}} \quad (\text{В.9})$$

При проверке установлены допускаемые значения для отклонений от прямолинейности в поперечном и продольном направлении и извернутости такие, чтобы удовлетворять допускаемым значениям отклонений от плоскостности, приведенным в таблице 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)**Образец заполнения оборотной стороны свидетельства о поверке**

Номера поверяемых точек	Отклонения от прямой, соединяющей крайние точки профиля, мкм	
	1 сторона	2 сторона
0	0	0
1	a	a
2	b	b
...
n	0	0

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	№ докум.	Входящий № сопроводительного докум. и дата	Подпись	Дата
Измененных	Замененных	Новых	Аннулированных					