

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»)

СОГЛАСОВАНА:

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

  
Е.П. Собина  
« 01 » ноября 2023 г.

ГСИ. Система измерений отклонений  
от плоскостности Shapeline.  
Методика поверки

МП 02-233-2023

Разработана: Уральским научно-исследовательским институтом метрологии – филиалом  
Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский  
научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И.Менделеева»  
(УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»)

Исполнители: И.о. заведующего лабораторией 233                                          Трибушевская Л.А.  
Ст. инженер лаборатории 233                                                                          Добренчикова Л.Г.

Согласована              УНИИМ – филиалом ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

Введена впервые

## Содержание

<b>1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ</b> .....	4
<b>2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ</b> .....	4
<b>3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ</b> .....	5
<b>4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ</b> .....	5
<b>5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ</b> .....	5
<b>6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ</b> .....	5
<b>7 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ</b> 6	6
<b>8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ</b> .....	6
<b>9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ</b> .....	7
<b>10 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ</b> .....	7
<b>11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ</b> .....	7
<b>12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ</b> .....	10

Государственная система обеспечения единства измерений  
Система измерений отклонений от плоскостности **Shapeline**

Методика поверки

Дата введения в действия « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ г.

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на Систему измерений отклонений от плоскостности **Shapeline** (далее – система), предназначенную для бесконтактных измерений длины в области измерений отклонений от прямолинейности и вычисления на их основе значений отклонений от плоскостности листового проката (планшетности).

1.2 Поверка системы должна проводиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

1.3 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость системы к ГЭТ 2-2021 «Государственному первичному эталону единицы длины – метра» и ГЭТ 130-2019 Государственному первичному специальному эталону единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности в соответствии с Локальной поверочной схемой для систем измерений отклонений от плоскостности.

1.4 Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки – методы косвенных измерений.

1.5 Настоящая методика поверки применяется для поверки системы измерений отклонений от плоскостности **Shapeline**, используемой в качестве рабочего средства измерений. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений длины в области измерений отклонений от прямолинейности, мм	от 0 до 80
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длины в области измерений отклонений от прямолинейности, мм	$\pm 0,5$
Цена единицы наименьшего разряда, мм	0,001
Допуск плоскостности поверочного профиля, мкм	10

## 2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

2.1 В настоящей методике использованы ссылки на следующие документы:

Приказ Минпромторга России от 31.07.2020 г. № 2510	«Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» (Зарегистрировано в Минюсте России 20.11.2020 № 61033)
Приказ Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2840	Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм
Приказ Росстандарта от 15 марта 2021 г. № 314	Государственная поверочная схема для средств измерений длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности
ГОСТ 9392-89	Уровни рамные и брусковые для машиностроения. Основные параметры и размеры. Технические требования.

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.

### 3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

3.1 Первичную поверку систем выполняют до ввода в эксплуатацию, а также после её ремонта или замены отдельных блоков.

3.2 Периодическую поверку выполняют в процессе эксплуатации системы.

3.3 При проведении первичной и периодической поверок системы должны быть выполнены операции, указанные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Операции поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операций при поверке		Пункт методики
	первичной	периодической	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	9
Проверка программного обеспечения (ПО) средства измерений	да	да	10
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11
Определение отклонений от плоскостности поверочного профиля, входящего в состав системы	да	да	11.1
Определение абсолютной погрешности определения опорной прямой системой	да	да	11.2
Определение абсолютной погрешности измерений длины в области измерений отклонений от прямолинейности	да	да	11.3
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11.4

### 4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 25;
- относительная влажность воздуха, %, не более 80;
- изменение температуры окружающего воздуха во время поверки, °С, не более 3.

### 5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

5.1 К проведению работ по поверке системы допускаются лица, прошедшие специальное обучение на поверителя, ознакомившиеся с эксплуатационной документацией на систему, работающие в метрологической службе предприятия, аккредитованной на право поверки средств измерений.

### 6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть использованы средства поверки, указанные в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Метрологические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Раздел 9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средство измерений температуры и относительной влажности с диапазонами измерений, охватывающими условия по п. 4	Термогигрометр электронный «CENTER» 313, рег. № 22129-09
Раздел 11 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Уровень брусковый с ценой деления 0,02 мм/м - рабочий эталон 2-го разряда по Приказу № 314 от 15 марта 2021 г.	Уровень брусковый, рег. № 9095-91
	Меры длины концевые в диапазоне значений от 0,5 до 100 мм - рабочий эталон 3-го разряда по Приказу № 2840 от 29 декабря 2018 г.)	Меры длины концевые рег. № 9771-98

6.2 Эталоны, применяемые для поверки, должны быть поверены (аттестованы), средства измерений – поверены.

6.3 Для проведения поверки допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 6.1, утвержденных и аттестованных эталонов единиц величин, средств измерений утвержденного типа и поверенных, удовлетворяющих метрологическим требованиям, указанным в таблице 6.1.

## 7 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

7.1 При проведении поверки должны выполняться требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на применяемые средства поверки и поверяемое СИ.

## 8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 При внешнем осмотре устанавливаются соответствие системы следующим требованиям:

- корпуса составных частей и органы управления системой не должны иметь механических повреждений;
- токопроводящие кабели не должны иметь повреждений электрической изоляции;
- в маркировке системы должны быть отображены класс опасности лазера (на измерительном модуле), наименование предприятия-изготовителя; наименование типа; заводской номер; год выпуска;
- надписи и отметки на органах управления должны быть четкими и легко читаемыми;
- комплектность системы должна соответствовать комплектности, указанной в описании типа.

8.2 В случае если при внешнем осмотре системы выявлены повреждения или дефекты, способные оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, поверка может быть продолжена только после устранения этих повреждений или дефектов.



## 9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Перед поверкой средства поверки и поверяемая система должны быть выдержаны в условиях поверки не менее 3-х часов.

9.2 Проводят контроль условий поверки с помощью термогигрометра на соответствие требованиям пункта 4.1 настоящей методики.

9.3 Средства поверки и поверяемая система должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

9.4 Руководствуясь указаниями эксплуатационной документации подготовить систему к работе и убедиться в изменении показаний на индикаторном блоке при изменении взаимного положения измерительных блоков, проверяют соответствие установленной дискретности отсчета показаний длины не менее 0,0001 мм.

## 10 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 На рабочем столе индикаторного блока выбрать иконку ShapeSoft, нажать правой кнопкой мыши и выбрать Properties и перейти на вкладку Details, на экране должна появиться информация о программном обеспечении (ПО) (рисунок 1), проверить идентификационные данные ПО, которые должны соответствовать таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные	Значение
Идентификационное наименование ПО	ShapeSoft
Номер версии ПО	не ниже 3.5.26.22-19111
Цифровой идентификатор ПО	-

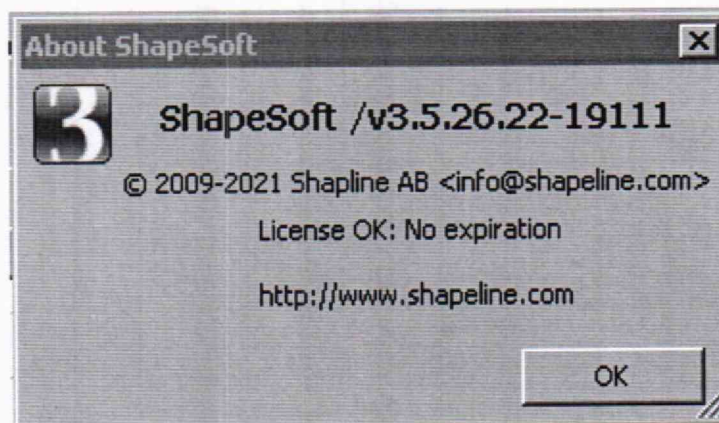


Рисунок 1 – Окно идентификационных данных ПО

## 11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Определение отклонений от плоскостности поверочного профиля, входящего в состав системы

11.1.1 На устойчивой поверхности, неподверженной колебаниям и вибрациям устанавливают поверочный профиль, опорные призмы не требуются. Поверяемая поверхность должна быть установлена в горизонтальное положение. Смещение пузырька уровня относительно нуля в центре плиты не должно превышать двух делений шкалы. На остальных участках поверхности пузырек должен находиться в пределах шкалы уровня.

11.1.2 Уровень устанавливают последовательно на участки 0-1, 1-2, 2-3 и т.д. и снимают

на каждом участке показания  $a_i$  по левому и  $b_i$  по правому концам пузырька относительно нулевых штрихов А и В (рисунок 2). За нулевые условно принимают два больших штриха, расположенный симметрично относительно нуля-пункта ампулы на расстоянии один от другого приблизительно равном длине пузырька.



Рисунок 2 – Пояснительный рисунок к порядку снятия показаний уровня брускового

11.1.3 По левому концу пузырька отсчеты снимают относительно штриха А, по правому - относительно штриха В. При расположении концов пузырька слева от нулевых штрихов отсчеты считают отрицательными, при расположении справа - положительными. Так на рисунке 2 отсчет по левому концу пузырька равен +2,0, а по правому +2,5 деления шкалы ампулы уровня.

11.1.4 Сняв показания на последнем участке, вновь возвращаются на участок 0-1 и проверяют начальный отсчет. Его изменение не должно превышать 0,5 деления. В противном случае измерение необходимо повторить.

11.1.5 Обработку результатов измерений проводят в последовательности, приведенной в таблице 11.1. Для упрощения обработки результатов все вычисления проводят с величинами, числовые значения которых выражены в делениях шкалы ампулы. В единицах длины определяют лишь конечный результат.

11.1.6 Сначала вычисляют для каждой точки значения  $h_i$ , показывающие, на сколько каждая проверяемая точка выше или ниже предыдущей. Условно принимают, что точка 0 совпадает с началом координат. Далее, вычисляют ординаты  $y_i$ , поправки  $\delta_i$  на наклон профилограмм к оси абсцисс и отклонения  $H'_i$  от прямой, соединяющей крайние точки. Поскольку значения  $H'_i$  получены в делениях шкалы ампулы, следует определить их в единицах длины. Для этого значения  $H'_i$  умножают на постоянную  $a$ , определяемую из соотношения

$$a = 4,8 \cdot 10^{-6} \cdot l \cdot \tau, \quad (1)$$

где  $l$  - расстояние между опорами уровня, мкм;

$\tau$  - действительное значение цены деления ампулы в угловых секундах.



Таблица 11.1 – Порядок обработки данных

Номера проверяемых точек, $i$	$a_i$	$b_i$	$h_i = \frac{a_i + b_i}{2}$	$y_i = y_{i-1} + h_i$	$\delta_i = \frac{y_n}{n} \cdot i$	$H'_i = y_i - \delta_i$	$H_i = a \cdot H'_i$
0	-	-	-	$y_0 = 0$	$\delta_0 = 0$	$H'_0 = 0$	$H_0 = 0$
1	$a_1$	$b_1$	$h_1 = \frac{a_1 + b_1}{2}$	$y_1 = h_1$	$\delta_1 = \frac{y_n}{n} \cdot 1$	$H'_1 = y_1 - \delta_1$	$H_1 = a \cdot H'_1$
2	$a_2$	$b_2$	$h_2 = \frac{a_2 + b_2}{2}$	$y_2 = y_1 + h_2$	$\delta_2 = \frac{y_n}{n} \cdot 2$	$H'_2 = y_2 - \delta_2$	$H_2 = a \cdot H'_2$
...	...	...	...	...	...	...	...
$n$	$a_n$	$b_n$	$h_n = \frac{a_n + b_n}{2}$	$y_n = y_{n-1} + h_n$	$\delta_n = y_n$	$H'_n = 0$	$H_n = 0$

11.1.7 Провести не менее трех независимых измерений. Если расхождение значений  $H_i$  не превышает 1/3 допускаемого отклонения от прямолинейности, вычисляют средние арифметические значения отклонений в каждой точке и по ним определяют отклонения от прямолинейности. Если при обработке результатов получены положительные и отрицательные значения  $H_i$ , то за отклонение от прямолинейности,  $H$ , принимают приближенное значение, равное сумме абсолютных значений наибольшего положительного и наибольшего отрицательного значений  $H_i$ .

11.1.8 Дополнительно определить по методике, изложенной в 11.1.7, отклонения от прямолинейности,  $H1$  и  $H2$  для двух участков поверочного профиля, длиной 1000 мм, расположенных с левого и правого краев профиля.

11.2 Определение абсолютной погрешности определения опорной прямой системой

11.2.1 Установить поверочный профиль в зону измерений системы, согласно эксплуатационной документации.

11.2.2 Запустить подпрограмму ShapeMaintenance/shapesoft/камера 1-3. Для определения результата измерений с помощью модуля системы во всплывающем меню по нажатию правой кнопкой мыши выбрать «Analyze Curves».

11.2.3 Определить отклонение от прямолинейности поверочного профиля с помощью двух модулей системы,  $H1c$  и  $H2c$ . Измерения повторить три раза. В качестве результата измерений принять средние значения отклонений от прямолинейности. Совместить диаграммы, полученные для двух модулей и определить отклонение от прямолинейности поверочного профиля на всей длине,  $Hc$ .

11.2.4 Абсолютную погрешность определения опорной прямой системой,  $\Delta_n$ , определить по формуле

$$\Delta_n = H_c - H \tag{2}$$

где  $H$  - отклонение от плоскостности поверочного профиля, входящего в состав системы (п. 11.1.7), мкм.

11.3 Определение абсолютной погрешности измерений длины в области измерений отклонений от прямолинейности

11.3.1 Определение абсолютной погрешности измерений длины в области измерений отклонений от прямолинейности проводят с помощью мер длины концевых плоскопараллельных (далее КМД).

11.3.2 Устанавливают в вертикальном положении на профиль поверочный две КМД с одинаковым значением номинальной длины таким образом, чтобы изменение высоты профиля фиксировалось двумя лучами системы. Измеряют длину КМД с помощью системы, порядок обращения с системой аналогичен изложенному в пункте 11.2.2. Измерения повторить три раза. В случае если показания системы отсутствуют, это может быть обусловлено неудачным положением КМД относительно CCD-камеры и лазерного излучателя, в данном случае передвинуть КМД в поперечном направлении поверочного профиля на расстояние от 1 до 10 см.

11.3.3 Операцию по пункту 11.3.2 выполнить для не менее трех точек диапазона измерений, включая наибольший. Измерения системой КМД длиной 80 мм подтверждает диапазон измерений системы.

11.3.4 Операции по пунктам 11.3.2 - 11.3.3 выполнить в трех точках, равномерно распределенных по длине профиля в рабочей зоне измерений для первого и второго измерительных модулей.

11.3.5 Для каждой точки профиля,  $j$ , и длины КМД,  $l$ , определить погрешность системы,  $\Delta_j$ , по формуле

$$\Delta_{jl} = (a_{jl} - a_{l_{эт}}) + \Delta_{п}, \quad (3)$$

где  $a_{jl}$  – показание системы для  $j$  – ой точки профиля и  $l$ -ой длины КМД, мм;

$a_{j_{эт}}$  – номинальная  $l$ -ая длина КМД, мм;

$\Delta_{jl}$  – абсолютная погрешность измерений длины в области измерений отклонений от прямолинейности для  $j$  – ой точки профиля и  $l$ -ой длины КМД;

$\Delta_{п}$  – абсолютная погрешность определения опорной прямой системой (в случае, если  $|\Delta_{п}| \leq 30$  мкм данную составляющую погрешности допускается не учитывать).

11.4 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.4.1 Диапазон измерений и рассчитанные значения абсолютной погрешности измерений длины в области измерений отклонений от прямолинейности должны соответствовать данным таблицы 1.1.

## 12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом произвольной формы.

12.2 При положительных результатах поверки систему признают пригодной к применению.

12.3 Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

12.4 При отрицательных результатах поверки средство измерений признают непригодным к применению.

12.5 По заявке заказчика при положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке, при отрицательных – извещение о непригодности.

12.6 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с установленным порядком.

И.о. заведующего лабораторией 233



Л.А. Трибушевская

Вед.. инженер лаборатории 233



Л.Г. Добренчикова