



СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора по
метрологии
ФБУ «УРАЛТЕСТ»

Д. Г. Дедков

М.п.

« 12 » декабря 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Наборы мер скорости распространения продольных ультразвуковых волн УСВ011

Методика поверки

МП 4201/0278-2022

Екатеринбург
2022

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки наборов мер скорости распространения продольных ультразвуковых волн УСВ011 (далее – УСВ011).

1.2 Настоящая методика поверки применяется для поверки УСВ011, используемых в качестве средств измерений или рабочих эталонов единицы скорости распространения продольных ультразвуковых волн в твердых средах 3 разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2018 № 2842 (далее – приказ Росстандарта от 29.12.2018 № 2842).

1.3 При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемых мер УСВ011 к ГЭТ 189-2014 в соответствии с приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2842.

1.4 Методика поверки реализуется методом косвенных измерений.

1.5 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в приложении А.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки УСВ011 должны выполняться операции, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Наименование операции	Номер раздела (пункта) методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
Определение метрологических характеристик средства измерений	9	-	-
Определение действительных значений, отклонения действительных значений высоты, ширины и длины мер от номинальных и абсолютной погрешности воспроизведения высоты, ширины и длины мер и абсолютной погрешности воспроизведения высоты, ширины и длины мер	9.1	да	да
Определение действительного значения скорости распространения продольной ультразвуковой волны, отклонения действительного значения от номинального, относительной погрешности воспроизведения скорости распространения продольных ультразвуковых волн	9.2	да	да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	да	да

2.2 Допускается поверка отдельных мер скорости распространения продольных ультразвуковых волн из набора УСВ011, а так же периодическая поверка некомплектных наборов, при условии, что они могут быть применены в соответствии с их назначением.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха: от плюс 22 °С до плюс 24 °С.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на УСВ011, эталоны, средства измерений и вспомогательное оборудование, применяемые при поверке, имеющие необходимую квалификацию, аттестованные в качестве поверителей.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны применяться основные и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
3	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от +22 °С до +24 °С с пределами абсолютной погрешности не более $\pm 0,1$ °С;	Термометр лабораторный электронный ЛТ-300, рег. № 45379-10.
9.1	Средства измерений длины в диапазоне от 50 до 150 мм с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более 0,01 мм; Средства измерений длины в диапазоне от 200 до 300 мм, с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более 0,05 мм;	1) Микрометр цифровой серии 340, рег. № 30740-12. 2) Штангенциркуль торговой марки «NORGAU» 040 040, рег. № 61563-15.
9.2	Средства измерений временных интервалов в диапазоне от 10 до 200 мкс, с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более 0,005 мкс; Излучение и приём продольных ультразвуковых волн с помощью прямых пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) в диапазоне частот от 1 до 10 МГц. Выход радиочастотного эхо-сигнала для подключения к осциллографу;	1) Осциллограф цифровой запоминающий WaveSurfer 3022R, рег. № 60893-15. 2) Дефектоскоп ультразвуковой USN 60L, рег. № 75780-19.

Примечание:

при использовании УСВ011 в качестве рабочего эталона 3 разряда скорости распространения продольных ультразвуковых волн в твердых средах следует использовать при их поверке рабочий эталон 2 разряда единицы скорости распространения продольных ультразвуковых волн в твердых средах в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2842.

5.2 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 5.1.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки необходимо соблюдать требования по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации УСВ011 и используемых средств поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра УСВ011 следует убедиться в отсутствии механических повреждений и дефектов, влияющих на их метрологические характеристики. Комплектность УСВ011 должна соответствовать паспорту.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Выдержать УСВ011 в условиях, указанных в п.3 настоящей методики, в течение такого времени, какое необходимо для принятия ими температуры окружающего воздуха.

8.1.2 Средства поверки подготовить к работе в соответствии с их технической документацией.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение действительных значений, отклонения действительных значений высоты, ширины и длины мер от номинальных и абсолютной погрешности воспроизведения высоты, ширины и длины мер и абсолютной погрешности воспроизведения высоты, ширины и длины мер

9.1.1 С помощью микрометра выполняют:

- пять измерений высоты меры H_i , мм, в центральной зоне поверхности А (смотри рисунок 1) размером 50×50 мм;

- пять измерений ширины меры B_i , мм, в центральной зоне поверхности В (смотри рисунок 1) размером 50×40 мм.

С помощью штангенциркуля выполняют:

- пять измерений длины меры L_i , мм, в центральной зоне поверхности Б (смотри рисунок 1) размером 50×40 мм.

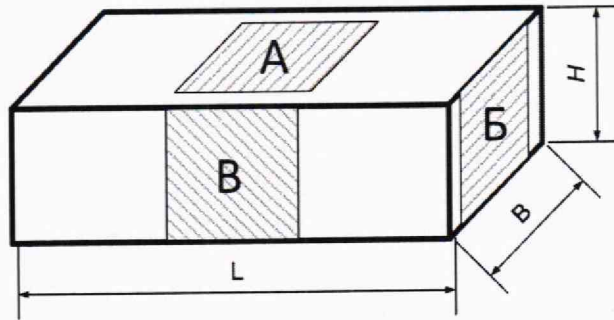


Рисунок 1 – Схема обозначения поверхностей

За результат измерений действительного значения высоты меры \bar{H} , мм, принимают среднее арифметическое значение, рассчитанное по формуле

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^5 H_i}{n}, \quad (1)$$

где H_i – i -ый результат измерения высоты меры, мм;
 n – количество измерений ($n=5$).

За результат измерений действительного значения длины меры \bar{L} , мм, принимают среднее арифметическое значение, рассчитанное по формуле

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^5 L_i}{n}, \quad (2)$$

где L_i – i -ый результат измерения длины меры, мм;
 n – количество измерений ($n=5$).

За результат измерений действительного значения ширины меры \bar{B} , мм, принимают среднее арифметическое значение, рассчитанное по формуле

$$\bar{B} = \frac{\sum_{i=1}^5 B_i}{n}, \quad (3)$$

где B_i – i -ый результат измерения ширины меры, мм;
 n – количество измерений ($n=5$).

Вычисляют отклонения действительных значений высоты, ширины и длины, $H_{откл}$ ($L_{откл}$, $B_{откл}$), мм, каждой меры от их номинальных значений по формуле

$$H_{откл} (L_{откл}, B_{откл}) = H_{ном} (L_{ном}, B_{ном}) - \bar{H} (\bar{L}, \bar{B}), \quad (4)$$

где $H_{ном}$ ($L_{ном}$, $B_{ном}$) – номинальные значения высоты (длины, ширины) меры, мм.

9.1.2 Вычисляют доверительные границы случайной погрешности измерения действительного значения измеряемой величины (высоты, ширины, длины) меры $\epsilon_{\bar{H}}$, $\epsilon_{\bar{L}}$, $\epsilon_{\bar{B}}$ соответственно, мм, по формулам

$$\epsilon_{\bar{H}} = t \cdot S_{\bar{H}}, \quad (5)$$

$$\epsilon_{\bar{L}} = t \cdot S_{\bar{L}}, \quad (6)$$

$$\varepsilon_{\bar{B}} = t \cdot S_{\bar{B}}, \quad (7)$$

где t – коэффициент Стьюдента ($t=2,78$), при доверительной вероятности $P=0,95$ и числе измерений $n=5$;

$S_{\bar{H}}$ – среднее квадратическое отклонение действительного значения высоты меры, мм, вычисляемое по формуле

$$S_{\bar{H}} = \sqrt{\frac{\sum_1^5 (H_i - \bar{H})^2}{n(n-1)}}; \quad (8)$$

$S_{\bar{L}}$ – среднее квадратическое отклонение действительного значения длины меры, мм, вычисляемое по формуле

$$S_{\bar{L}} = \sqrt{\frac{\sum_1^5 (L_i - \bar{L})^2}{n(n-1)}}; \quad (9)$$

$S_{\bar{B}}$ – среднее квадратическое отклонение действительного значения ширины, мм, вычисляемое по формуле

$$S_{\bar{B}} = \sqrt{\frac{\sum_1^5 (B_i - \bar{B})^2}{n(n-1)}}. \quad (10)$$

9.1.3 Вычисляют доверительные границы погрешности действительного значения высоты меры $\Delta_{\bar{H}}$, мм, по формуле

$$\Delta_{\bar{H}} = K_H \cdot S_{H\Sigma}, \quad (11)$$

где K_H – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и неисключенной составляющей погрешности (НСП), вычисляемый по формуле

$$K_H = \frac{\varepsilon_{\bar{H}} + \theta_{H\Sigma}}{S_{\bar{H}} + S_{H\theta}}, \quad (12)$$

где $\theta_{H\Sigma}$ – границы НСП действительного значения высоты меры, мм, вычисляемые по формуле

$$\theta_{H\Sigma} = \pm \Delta H, \quad (13)$$

где ΔH – абсолютная погрешность средства измерений высоты, мм;

$S_{H\Sigma}$ – суммарное среднее квадратическое отклонение действительного значения высоты меры, мм, вычисляемое по формуле

$$S_{H\Sigma} = \sqrt{S_{H\theta}^2 + S_{\bar{H}}^2}, \quad (14)$$

где $S_{H\theta}$ – среднее квадратическое отклонение НСП действительного значения высоты меры, мм, вычисляемое по формуле

$$S_{H\theta} = \frac{\theta_{H\Sigma}}{\sqrt{3}}. \quad (15)$$

9.1.4 Вычисляют доверительные границы погрешности действительного значения ширины меры $\Delta_{\bar{B}}$, мм, по формуле

$$\Delta_{\bar{B}} = K_B \cdot S_{B\Sigma}, \quad (16)$$

где K_B – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП, вычисляемый по формуле

$$K_B = \frac{\varepsilon_{\bar{B}} + \theta_{B\Sigma}}{S_{\bar{B}} + S_{B\theta}}, \quad (17)$$

где $\theta_{B\Sigma}$ – это границы НСП действительного значения ширины меры, мм, вычисляемые по формуле

$$\theta_{B\Sigma} = \pm \Delta B, \quad (18)$$

где ΔB – абсолютная погрешность средства измерений ширины, мм;

$S_{B\Sigma}$ – суммарное среднее квадратическое отклонение действительного значения ширины меры, мм, вычисляемое по формуле

$$S_{B\Sigma} = \sqrt{S_{B\theta}^2 + S_{\bar{B}}^2}, \quad (19)$$

где $S_{B\theta}$ – среднее квадратическое отклонение НСП действительного значения ширины меры, мм, вычисляемое по формуле

$$S_{B\theta} = \frac{\theta_{B\Sigma}}{\sqrt{3}} \quad (20)$$

9.1.5 Вычисляют доверительные границы погрешности действительного значения длины меры $\Delta_{\bar{L}}$, мм, по формуле

$$\Delta_{\bar{L}} = K_L \cdot S_{L\Sigma}, \quad (21)$$

где K_L – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП, вычисляемый по формуле

$$K_L = \frac{\varepsilon_L + \theta_{L\Sigma}}{S_L + S_{L\theta}}, \quad (22)$$

где $\theta_{L\Sigma}$ – это границы НСП действительного значения длины меры, вычисляемые по формуле

$$\theta_{L\Sigma} = \pm \Delta L, \quad (23)$$

где ΔL – абсолютная погрешность средства измерений длины, мм;

$S_{L\Sigma}$ – суммарное среднее квадратическое отклонение действительного значения длины меры, мм, вычисляемое по формуле

$$S_{L\Sigma} = \sqrt{S_{L\theta}^2 + S_L^2}, \quad (24)$$

где $S_{L\theta}$ – среднее квадратическое отклонение НСП действительного значения длины меры, мм, вычисляемое по формуле

$$S_{L\theta} = \frac{\theta_{L\Sigma}}{\sqrt{3}}. \quad (25)$$

9.1.6 Измерения и вычисления по 9.1.1-9.1.5 проводят для каждой меры, входящей в UCS011.

9.2 Определение действительного значения скорости распространения продольной ультразвуковой волны, отклонения действительного значения от номинального, относительной погрешности воспроизведения скорости распространения продольных ультразвуковых волн

Перед определением характеристик все средства поверки и UCS011 должны быть подготовлены к работе в соответствии с их эксплуатационной документацией.

Рабочие поверхности ПЭП должны быть смазаны контактной жидкостью.

9.2.1 Проверку скорости распространения продольной ультразвуковой волны в мерах и относительной погрешности ее воспроизведения проводят с использованием дефектоскопа с ультразвуковым преобразователем продольных волн с рабочей частотой 1 МГц для мер UCS011-1 и UCS011-3 (для меры UCS011-2 используют преобразователь с рабочей частотой 5 или 10 МГц).

Подключают к выходу ВЧ-сигнала дефектоскопа цифровой осциллограф.

Для меры UCS011-1 последовательно устанавливают ультразвуковой преобразователь на поверхность меры в центральной зоне поверхности А размером 50×50 мм. С помощью осциллографа проводят четырехкратные измерения временного интервала между первым и вторым донными эхо-сигналами, T_i , мкс.

Вычисляют среднее арифметическое значение полученных результатов измерений \bar{T} , мкс.

9.2.2 Вычисляют действительное значение скорости распространения продольной ультразвуковой волны в пределах поверхности А, \bar{C} , м/с, по формуле

$$\bar{C} = \frac{2 \cdot \bar{H}}{\bar{T}} \cdot 1000. \quad (26)$$

9.2.3 Отклонение действительного значения скорости распространения продольной ультразвуковой волны от номинального, $C_{\text{откл}}$, м/с, вычисляют по формуле

$$C_{\text{откл}} = C_{\text{ном}} - \bar{C}, \quad (27)$$

где $C_{\text{ном}}$ – номинальное значение скорости распространения продольной ультразвуковой волны, м/с.

9.2.4 Относительную погрешность воспроизведения скорости распространения продольной ультразвуковой волны для каждой меры UCS011 вычисляют следующим образом.

Вычисляют среднее квадратическое отклонение измерения скорости распространения продольной ультразвуковой волны меры, $S_{\bar{C}}$, %, по формулам

$$S_H = \frac{100}{\bar{H}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_1^n (H_i - \bar{H})^2}{n(n-1)}}, \quad (28)$$

$$S_T = \frac{100}{\bar{T}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_1^n (T_i - \bar{T})^2}{n(n-1)}}, \quad (29)$$

$$S_{\bar{C}} = \sqrt{S_H^2 + S_T^2}, \quad (30)$$

где $S_{H(T)}$ – среднее квадратическое отклонение измерения высоты (времени) %.

Вычисляют доверительные границы случайной погрешности измерения скорости распространения продольной ультразвуковой волны меры ε_c , %, по формуле

$$\varepsilon_c = t \cdot S_{\bar{c}}, \quad (31)$$

где t – коэффициент Стьюдента ($t=3,18$), при доверительной вероятности $P=0,95$ и числе измерений $n=4$.

Вычисляют доверительные границы НСП результата измерения скорости распространения продольной ультразвуковой волны меры θ_{Σ} , %, по формуле

$$\theta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{100 \cdot \Delta T}{T}\right)^2 + \left(\frac{100 \cdot \Delta H}{H}\right)^2 + \left(\frac{100}{T} \cdot \frac{dT}{2}\right)^2}, \quad (32)$$

где ΔT – абсолютная погрешность средства для измерения времени, мкс;

dT – значение минимального изменения показаний средства аттестации для измерения времени, мкс.

Вычисляют доверительные границы погрешности результата измерения скорости распространения продольной ультразвуковой волны меры δ , %, по формуле

$$\delta = \frac{(\varepsilon_c + \theta_{\Sigma})}{S_{\bar{c}} + \frac{\theta_{\Sigma}}{1,1 \cdot \sqrt{3}}} \cdot \sqrt{\left(\frac{\theta_{\Sigma}}{1,1 \cdot \sqrt{3}}\right)^2 + S_{\bar{c}}^2}. \quad (33)$$

9.2.5 Измерения по 9.2.1 - 9.2.4 проводят для каждой меры, входящей в УСВ011.

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 УСВ011 считают прошедшими поверку, если:

- по пунктам 7, 8 они соответствуют перечисленным требованиям;
- полученные по 9.1 отклонения действительного значения высоты (ширины, длины) от номинального не превышают допускаемых отклонений, установленных в описании типа УСВ011;
- полученные по 9.1 значения доверительных границ погрешности измерений высоты, ширины, длины мер не превышают пределов допускаемых погрешностей воспроизведения высоты, ширины, длины соответственно, установленных в описании типа УСВ011;
- полученные по 9.2 отклонения действительных значений скорости распространения продольных ультразвуковых волн от номинальных не превышают допускаемых отклонений, установленного в описании типа УСВ011;
- полученные по 9.2 доверительные границы погрешности результата измерения скорости распространения продольной ультразвуковой волны мер не превышают пределов допускаемой относительной погрешности воспроизведения скорости распространения продольной ультразвуковой, установленных в описании типа УСВ011.

10.2 Определяют разряд рабочего эталона в соответствии с требованиями государственной поверочной схемы, утвержденной приказом Росстандарта № 2842 от 29.12.2018, в качестве которого могут применяться УСВ011, которые соответствуют требованиям, предъявляемым в соответствии с настоящей методикой поверки.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 По результатам поверки оформляют протокол поверки в произвольной форме.

11.2 Положительные результаты поверки УСВ011 оформляют в виде электронной записи, передаваемой в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и, по заявлению владельца средства измерений, на средство измерений выдается свидетельство о поверке.

11.3 Отрицательные результаты поверки УСВ011 оформляют в виде электронной записи, передаваемой в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и, по заявлению владельца средства измерений, на средство измерений выдается извещение о непригодности.

11.4 В случае периодической поверки некомплетных УСВ011 результаты поверки мер оформляют в виде электронной записи, передаваемой в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, с указанием информации об объеме проведенной поверки.

Приложение А
Метрологические характеристики UCB011 при применении в качестве средства измерений или рабочего эталона

Наименование характеристики	Значение		
	UCB011-1	UCB011-2	UCB011-3
Номинальное значение высоты, мм	60		
Допускаемое отклонение действительного значения высоты от номинального, мм	±0,5		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения высоты, мм	±0,1	±0,1	±0,1
Номинальное значение ширины, мм	120		
Допускаемое отклонение действительного значения ширины от номинального, мм	±0,5		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения ширины, мм	±0,3	±0,1	±0,2
Номинальное значение длины, мм	290	230	
Допускаемое отклонение действительного значения длины от номинального, мм	±0,5		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения длины, мм	±0,2	±0,1	±0,2
Номинальное значение скорости распространения продольной ультразвуковой волны, м/с	1350	6060	2730
Допускаемое отклонение действительного значения скорости распространения продольной ультразвуковой волны от номинальной, м/с	±100		
Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения скорости распространения продольной ультразвуковой волны, %	±0,5	±0,3	±0,5