

СОГЛАСОВАНО
Заместитель генерального директора по
метрологии ФБУ «УРАЛТЕСТ»



Д.Г. Дедков

М.п.

« 23 » августа 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Меры плоского угла призматические
Методика поверки

МП 4303/0339-2023

Екатеринбург
2023

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки мер плоского угла призматических (далее по тексту – меры), предназначенных для измерений плоского угла и применения в качестве рабочих эталонов 3-го и 4-го разрядов по Государственной поверочной схеме для средств измерений плоского угла (части 1 и 3), утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.11.2018 № 2482 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений плоского угла» (далее по тексту – ГПС) при поверке средств измерений плоского угла.

1.2 При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемых мер к Государственному первичному эталону единицы плоского угла ГЭТ 22-2014 в соответствии с ГПС.

1.3 Методика поверки реализуется методом прямых измерений.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице А.1 приложения А.

1.5 При применении мер в качестве рабочих эталонов 3-го или 4-го разрядов в соответствии с ГПС должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице А.2 приложения А.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки мер должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Операции поверки

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 и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	9	-	-
Определение отклонения от плоскостности измерительных поверхностей	9.1	да	да
Определение отклонения от перпендикулярности измерительных поверхностей к базовой поверхности	9.2	да	да
Определение отклонения от номинальных значений рабочих углов	9.3	да	да
Проверка соответствия мер обязательным метрологическим требованиям	9.4	да	да

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается, меры признают непригодными к применению.

2.3 Допускается периодическая поверка в сокращенном объеме, а именно: некомплектных наборов мер согласно заявлению их владельца с обязательным указанием информации об объеме проведенной поверки, при условии, что они могут быть применены в соответствии с их назначением.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С..... от плюс 17 до плюс 23;
- относительная влажность воздуха, % от 40 до 80;
- изменение температуры окружающего воздуха должно быть не более чем на 0,5 °С в течение 1 ч, не более чем на 2 °С в течение 8 ч.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на меры, эталоны, средства измерений, 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 средства поверки, приведенные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.1 Подготовка к поверке	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от +17 до +23 °С с абсолютной погрешностью не более 0,2 °С	Гигрометр Rotronic, рег. № 26379-10
	Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 40 до 80 % с абсолютной погрешностью не более 3 %	
	—	Часы
8.2 Проверка притираемости	<u>Для мер 1 класса точности:</u> Пластина стеклянная нижняя с номинальным диаметром 80 мм (далее по тексту – пластина стеклянная) с допускаемым отклонением от плоскостности рабочей поверхности не более 0,03 мкм	Пластины плоские стеклянные ПИ80, диаметр 80 мм, КТ 1, рег. № 197-70
	<u>Для мер 2 класса точности:</u> Пластина стеклянная с допускаемым отклонением от плоскостности рабочей поверхности не более 0,09 мкм	Пластины плоские стеклянные ПИ80, диаметр 80 мм, КТ 2, рег. № 197-70
9.1 Определение отклонения от плоскостности измерительных поверхностей	<u>Для мер 1 класса точности:</u> Пластина стеклянная с допускаемым отклонением от плоскостности рабочей поверхности не более 0,03 мкм	Пластины плоские стеклянные ПИ80, диаметр 80 мм, КТ 1, рег. № 197-70
	<u>Для мер 2 класса точности:</u> Пластина стеклянная с допускаемым отклонением от плоскостности рабочей поверхности не более 0,09 мкм	Пластины плоские стеклянные ПИ80, диаметр 80 мм, КТ 2, рег. № 197-70 (далее по тексту – пластина стеклянная)

Продолжение таблицы 5.1

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9.2 Определение отклонения от перпендикулярности измерительных поверхностей к базовой поверхности	Средство измерений плоского угла (в вертикальной плоскости) в диапазоне (0-5)' с абсолютной погрешностью не более $\pm 5''$. Вспомогательное оборудование – поворотный столик	Гониометр статический СГ-1Ц, рег. № 43297-09
	Шаблон (вспомогательное оборудование) – мера плоского угла тип 3 по ГОСТ 2875-88, с номинальным значением рабочих углов 90° и отклонением от номинального значения одного из рабочих углов не более 3" (далее по тексту – мера-шаблон)	Меры угловые призматические МУ-1, рег. № 485-64
9.3 Определение отклонений от номинальных значений рабочих углов	<u>Для мер 3-го разряда:</u> Рабочий эталон единицы плоского угла не ниже 2-го разряда в соответствии с ГПС (часть 1) в диапазоне от 0° до 360°	Гониометр статический СГ-1Ц, рег. № 43297-09
	<u>Для мер 1 и 2 классов точности и 4-го разряда:</u> Рабочий эталон единицы плоского угла не ниже 3-го разряда в соответствии с ГПС (часть 1) в диапазоне от 0° до 360°	Гониометр статический СГ-3Ц, рег. № 43297-09

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

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, приведенные в эксплуатационной документации мер и используемых средств поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра мер следует убедиться в отсутствии механических повреждений и дефектов, влияющих на их метрологические характеристики.

7.2 Комплектность мер должна соответствовать описанию типа и паспорту.

7.3 Внешний вид и маркировка мер должны соответствовать описанию и изображению, приведенному в описании типа.

7.4 Результаты внешнего осмотра считают положительными, если выполняются требования, указанные в 7.1-7.3.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Проверяют соблюдение условий в соответствии с разделом 3.

8.1.2 Подготавливают к работе средства поверки в соответствии с их эксплуатационной документацией.

8.1.3 Подготовительные работы проводят в помещении с вытяжной вентиляцией или в вытяжном шкафу.

8.1.4 Меры подготавливают к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

8.1.5 После распаковывания с мер удаляют смазку, промывают бензином по ГОСТ 1012, затем протирают насухо чистой хлопчатобумажной салфеткой.

8.1.6 Меры без упаковки должны быть выдержаны в помещении, где проводят поверку, не менее 4 ч.

8.1.7 Рабочие поверхности плоских стеклянных пластин за 5 ч до притирки к ним проверяемых мер протирают гигроскопической ватой, слегка смоченной спиртом по ГОСТ Р 51999, и сухой салфеткой.

8.2 Проверка притираемости

8.2.1 Меры притирают к стеклянной пластине последовательно каждой измерительной поверхностью. При проведении операции, во избежание прогрева стеклянных пластин и мер, рекомендуется пользоваться поочередно несколькими стеклянными пластинами и салфетками из хлопчатобумажной ткани.

8.2.2 Притираемость меры считают удовлетворительной, если под действием собственной массы в горизонтальном положении измерительная поверхность меры не отрывается от стеклянной пластины. При этом на измерительных поверхностях мер не должны наблюдаться интерференционные полосы. В рабочей зоне измерительных поверхностей мер 3-го разряда допускаются оттенки в виде белых пятен, 2 класса точности и 4-го разряда – в виде желтых пятен, наблюдаемых в белом свете.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

9.1 Определение отклонения от плоскостности измерительных поверхностей

9.1.1 Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей мер определяют по искривлению интерференционных полос, возникающих при приложении стеклянной пластины к измерительной поверхности меры. Результаты измерений заносят в протокол поверки.

9.1.2 Операции по 9.1.1 повторяют для всех измерительных поверхностей мер.

9.1.3 Полученные результаты по 9.1.1-9.1.2 не должны превышать допускаемых значений плоскостности измерительных поверхностей, указанные в таблице А.1.

9.2 Определение отклонения от перпендикулярности измерительных поверхностей к базовой поверхности

9.2.1 Отклонение от перпендикулярности измерительных поверхностей меры к ее базовой поверхности определяют с помощью гониометра методом сравнения с шаблоном для измерения в вертикальной плоскости. В качестве шаблона используют меру плоского угла типа 3 с номинальным значением рабочих углов 90° (далее по тексту – мера-шаблон), и отклонением от номинального значения одного из рабочих углов не более 3" (отклонение от номинального значения рабочего угла контролируют по протоколу поверки используемой меры-шаблона).

9.2.2 Поверяемую меру устанавливают на поворотный столик гониометра основанием вверх, а на него ставят меру-шаблон, таким образом, чтобы одна из рабочих граней меры-шаблона, образующих угол с отклонением не более 3" лежала на основании поверяемой меры, а вторая находилась в одной плоскости с измеряемой гранью меры. Смещением мер друг относительно друга и наклоном поворотного столика гониометра добиваются появления двух изображений автоколлимационной марки от граней поверяемой меры и меры-шаблона в центре экрана гониометра. Поочередно закрывая изображения марок, снимают отсчеты с оставшихся по вертикальной оси гониометра, разность отсчетов принимают за отклонение от перпендикулярности измерительной поверхности к базовой поверхности поверяемой меры. Знак отклонения от перпендикулярности поверяемой меры считают положительным, если внешний двугранный угол, образованный основанием и измерительной поверхностью, больше 270° , а изображение автоколлимационной марки от нее на экране гониометра располагается ниже изображения от меры-шаблона, и наоборот, отрицательным, если

двугранный угол меры меньше 270° , а изображение марки – выше. Результаты заносят в протокол поверки.

9.2.3 Измерения 9.2.2 проводят для каждой измерительной поверхности.

9.2.4 Полученные результаты по 9.2.2-9.2.4 не должны превышать допускаемых пределов перпендикулярности измерительных поверхностей к базовой поверхности меры, указанных в таблице А.1.

9.3 Определение отклонений от номинальных значений рабочих углов

9.3.1 Отклонения от номинальных значений рабочих углов мер определяют с помощью гониометра следующим образом.

9.3.2 Поверяемую меру устанавливают на столике гониометра маркированной поверхностью вверх, таким образом, чтобы точка пересечения нормалей к серединам граней совпадала с центром столика, а оптическая ось автоколлиматора гониометра совпадала с центром грани меры по высоте.

9.3.3 Регулировкой яркости подсветки автоколлимационной марки добиваются четкого и контрастного изображения автоколлимационной марки в окне программного обеспечения гониометра.

9.3.4 Наблюдая в окне программного обеспечения гониометра изображение автоколлимационной марки, с помощью юстировочных винтов столика приводят плоскость измерения меры в положение, перпендикулярное оси вращения столика таким образом, чтобы контролируемые автоколлиматором отклонения автоколлимационной марки в вертикальной плоскости, получаемые последовательно от граней меры при вращении юстировочного столика вручную, не превышали удвоенной толщины штриха автоколлимационной марки.

9.3.5 Проводят измерения рабочих углов меры в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации на гониометр, поворачивая столик гониометра по часовой стрелке (прямой ход), а затем против часовой стрелки (обратный ход).

9.3.6 Проводят не менее четырех серий измерений.

9.3.7 Результаты измерений заносят в протокол поверки.

9.3.8 Вычисляют среднее арифметическое значение полученных результатов измерений рабочего угла меры при прямом и обратном ходах в каждой серии по формуле

$$\overline{\varphi_{ij}} = \frac{\varphi_{ij}^{\text{пр}} + \varphi_{ij}^{\text{обр}}}{2}, \quad (9.1)$$

где $\varphi_i^{\text{пр}}$ – измеренное значение рабочего угла меры при прямом ходе;

$\varphi_i^{\text{обр}}$ – измеренное значение рабочего угла меры при обратном ходе;

j – порядковый номер рабочего угла меры типа 3;

i – номер серии измерений.

9.3.9 Вычисляют среднее арифметическое значение рабочего угла меры по формуле

$$\overline{\varphi_j} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_{ij}}{n}, \quad (9.2)$$

где n – количество серий измерений.

9.3.10 Полученные по формуле 9.2 значения с округлением до $1''$ принимают за действительные значения рабочих углов меры.

9.3.11 Отклонение действительного значения рабочего угла меры от номинального определяют по формуле

$$\Delta\varphi_j = \overline{\varphi_j} - \varphi_{\text{ном.}} \quad (9.3)$$

где $\varphi_{\text{ном.}}$ – номинальное значение рабочего угла меры.

Для мер типа 3 должно выполняться условие (критерий правильности арифметических действий)

$$\sum_{j=1}^4 \Delta \varphi_j = 0. \quad (9.4)$$

9.3.12 Полученные значения отклонений от номинальных значений рабочих углов не должны превышать допускаемых отклонений рабочих углов от номинальных значений, указанных в таблице А.1.

9.4 Проверка соответствия мер обязательным метрологическим требованиям

9.4.1 Меры соответствуют требованиям, если их метрологические характеристики, определенные по 9.1-9.3, не превышают значений, указанных в таблице А.1.

9.4.2 Для мер, применяемых в качестве рабочих эталонов 3-го и 4-го разрядов, определяют доверительные границы абсолютной погрешности измерений рабочих углов мер при доверительной вероятности 0,99 на основании не менее 4-х серий измерений рабочих углов по 9.3.

9.4.2.1 Вычисляют среднее квадратическое отклонение среднего арифметического результатов измерений рабочих углов меры S_φ по формуле

$$S_\varphi = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\varphi_{ij} - \bar{\varphi}_j)^2}{m \cdot n \cdot (n-1)}}, \quad (9.5)$$

где φ_{ij} – i -ое измерение j -го рабочего угла;

$\bar{\varphi}_j$ – среднее арифметическое значение j -го рабочего угла меры;

n – количество серий измерений;

m – количество измеряемых углов ($m=4$ для мер типа 3, $m=1$ для мер типа 1 и 2).

9.4.2.2 Границу неисключенной систематической погрешности (далее по тексту – НСП) θ_Σ оценивают по формуле

$$\theta_\Sigma = \pm |\theta_r|, \quad (9.6)$$

где θ_r – доверительные границы абсолютной погрешности при доверительной вероятности 0,99 гониометра.

9.4.2.3 Среднее квадратическое отклонение НСП S_θ вычисляют по формуле

$$S_\theta = \frac{\theta_\Sigma}{\sqrt{3}}. \quad (9.7)$$

9.4.2.4 Суммарное среднее квадратическое отклонение S_Σ вычисляют по формуле

$$S_\Sigma = \sqrt{S_\varphi^2 + S_\theta^2}. \quad (9.8)$$

9.4.2.5 Доверительные границы абсолютной погрешности измерений рабочих углов меры δ , при доверительной вероятности $P=0,99$, вычисляют по формуле

$$\delta = \pm \left(\frac{t \cdot S_\varphi + \theta_\Sigma}{S_\varphi + S_\theta} \right) \cdot S_\Sigma, \quad (9.9)$$

где t – коэффициент Стьюдента (приложение Д ГОСТ Р 8.736-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения»).

9.4.3 Меры считают соответствующими требованиям к рабочим эталонам по ГПС, если доверительные границы абсолютной погрешности измерений рабочих углов δ при доверительной вероятности 0,99, рассчитанные по формуле (9.9), не превышают значений, указанных в таблице А.2.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 По результатам поверки оформляют протокол поверки в произвольной форме.

10.2 Положительные результаты поверки мер оформляют в виде электронной записи, передаваемой в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, и, по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке.

10.3 Отрицательные результаты поверки мер оформляют в виде электронной записи, передаваемой в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, и, по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

Приложение А
(обязательное)

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Типы мер	Диапазон измерений	Градация мер	Допускаемые отклонения рабочих углов мер от номинального значения		Допуск			
					перпендикулярности измерительных поверхностей к базовой поверхности меры		плоскостности измерительных поверхностей, мкм	
			для классов точности					
			1	2	1	2	1	2
1	от 1° до 9° » 1' » 29'	1° 2'	±10"	±30"	±60"	±100"	0,15	0,30
2	от 15°10' до 75°50' » 10° » 79° » 15° » 16° » 15° » 15°10'	15°10' 1° 10' 1'						
3	80° – 81° – 100° – 99° 82° – 83° – 98° – 97° 84° – 85° – 96° – 95° 86° – 87° – 94° – 93° 88° – 89° – 92° – 91° 90° – 90° – 90° – 90°	1°						
	89°10'-89°20'-90°50'-90°40' 89°30'-89°40'-90°30'-90°20' 89°50'-89°59'-90°10'-90°01'	10'						

Примечание

Допуски плоскостности не распространяются на зоны измерительных поверхностей шириной 3 мм от их коротких ребер и 1 мм - от длинных. Допуск плоскостности в указанных зонах мер 0,6 мкм.

Таблица А.2 – Доверительные границы абсолютной погрешности измерений рабочих углов мер при доверительной вероятности 0,99

Разряд мер	Доверительные границы абсолютной погрешности измерений рабочих углов мер при доверительной вероятности 0,99
3	±3"
4	±10"