

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Пронин А.Н.

Заместитель генерального директора
Е. П. Кривцов
доверенность № 54/2021
от 24.12.2021

«28» октября 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений
Автоколлиматоры цифровые TriAngle

Методика поверки

МП 2511-0003-2022

Руководитель отдела геометрических измерений

Н.А. Кононова

Ведущий инженер

Е.И. Логвинюк

г. Санкт-Петербург
2022

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на автоколлиматоры цифровые TriAngle (далее – автоколлиматоры), изготавливаемые TRIOPTICS GmbH, Германия, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Методика поверки обеспечивает прослеживаемость автоколлиматоров к Государственному первичному эталону единицы плоского угла ГЭТ 22-2014 (далее - ГЭТ 22-2014) в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений плоского угла, утвержденной приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482 (далее – ГПС).

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки: прямые измерения.

При пользовании настоящей методикой поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Настоящей методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки в сокращенном объеме.

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

Таблица 1 - Метрологические требования

Исполнение автоколлиматора	Диапазон измерений в горизонтальной плоскости/ в вертикальной плоскости	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов	Доверительные границы абсолютной погрешности автоколлиматора при доверительной вероятности 0,99 при применении в качестве рабочего эталона		
			1 разряд	2 разряд	3 разряд
ТА 100-38	от 0" до 6170"/ от 0" до 4940"	$\pm 2,5''$	-	-	-
ТА 150-38	от 0" до 4120"/ от 0" до 3300"	$\pm 1,70''$	-	-	2"
ТА 200-38	от 0" до 3090"/ от 0" до 2470"	$\pm 1,30''$	-	-	2"
ТА 300-38	от 0" до 2060"/	$\pm 0,75''$	-	1"	-
ТА 300-57	от 0" до 2060"/	$\pm 0,75''$	-	1"	-
ТА 500-57	от 0" до 1240"/	$\pm 0,40''$	-	1"	-
ТА 1000-115	от 0" до 610"/	$\pm 0,20''$	0,2"	-	-
ТА 1000-140	от 0" до 610"/	$\pm 0,20''$	0,2"	-	-
ТА US 300-57	от 0" до 3000"/ от 0" до 1920"	$\pm 0,050''$ (в поддиапазоне измерений от 0" до 10" включ.) $\pm 0,100''$ (в поддиапазоне измерений св. 10" до 20" включ.) $\pm 0,250''$ (в поддиапазоне измерений св. 20")	0,25"	-	-

Исполнение автоколлиматора	Диапазон измерений в горизонтальной плоскости/ в вертикальной плоскости	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов	Доверительные границы абсолютной погрешности автоколлиматора при доверительной вероятности 0,99 при применении в качестве рабочего эталона		
			1 разряд	2 разряд	3 разряд
TA US 500-57	от 0" до 1800"/ от 0" до 1150"	±0,05" (в поддиапазоне измерений от 0" до 10" включ.) ±0,10" (в поддиапазоне измерений св. 10" до 20" включ.) ±0,25" (в поддиапазоне измерений св. 20")	0,25"	-	-

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 2 – Перечень операций поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	6.1
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	7
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	8
Определение метрологических характеристик средства измерений: проверка диапазона, определение абсолютной погрешности измерений углов	Да	Да	9 9.1, 9.2
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10

2.2 Поверка прекращается при получении отрицательных результатов по одному из пунктов.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

– температура окружающего воздуха, °С
(кроме исполнений TA US 300-57, TA US 500-57)

от 20 до 22;

- температура окружающего воздуха, °С
(исполнения TA US 300-57, TA US 500-57) от 20,0 до 20,5;
- изменение температуры в течение 1 часа не должно превышать, °С 0,2;
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 40 до 65;
- атмосферное давление, кПа от 85 до 105.

Примечание – Необходимо учитывать требования к условиям содержания и применения эталона, применяемого при поверке.

3.2 Помещение, где проводится поверка, должно быть затемнено.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 7.1.2 Контроль параметров окружающей среды	<p>Средство измерений температуры окружающего воздуха (пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,05$ °С в диапазоне от 20 °С до 22 °С).</p> <p>Средство измерений относительной влажности воздуха (пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности ± 2 % в диапазоне от 40 % до 65 %).</p> <p>Средство измерений атмосферного давления (диапазон измерений от 85 до 105 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 3 гПа).</p>	<p>Термометр лабораторный электронный ЛТ-300 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 61806-15).</p> <p>Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 Р-03-И-Д, (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 71394-18).</p> <p>Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 Р-03-И-Д, (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 71394-18).</p>
п. 9 Определение метрологических характеристик	<p><u>Для исполнений TA US 300-57, TA US 500-57:</u></p> <p>- в поддиапазоне измерений от 0" до 20" включ. - Государственный первичный эталон единицы плоского угла (экзаменатор интерференционный);</p> <p>- в поддиапазоне измерений свыше 20" - Государственный первичный эталон единицы плоского угла (стол измерительный поворотный).</p> <p><u>Для исполнений TA 1000-115, TA 1000-140:</u></p> <p>Вторичный эталон (поворотный</p>	<p>Государственный первичный эталон единицы плоского угла ГЭТ 22-2014.</p> <p>Государственный первичный эталон единицы плоского угла ГЭТ 22-2014.</p> <p>Государственный первичный</p>

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	<p>стол) по государственной поверочной схеме для средств измерений плоского угла (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482.</p> <p><u>Для исполнений ТА 300-38, ТА 300-57, ТА 500-57, ТА 150-38 и ТА 200-38, применяемых в качестве рабочего эталона:</u> Рабочий эталон 1-го разряда (поворотный стол) по государственной поверочной схеме для средств измерений плоского угла (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482.</p> <p><u>Для исполнений ТА 100-38, ТА 150-38 и ТА 200-38, не применяемых в качестве рабочего эталона:</u> стол поворотный (диапазон измерений от 0° до 360°, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,35''$).</p> <p>Зеркало (вспомогательное оборудование): плоское, в оправе с основанием, диаметром 80 мм, отклонение от плоскостности не более 0,2 интерференционной полосы.</p>	<p>эталон единицы плоского угла ГЭТ 22-2014.</p> <p>Государственный первичный эталон единицы плоского угла ГЭТ 22-2014.</p> <p>Стол поворотный цифровой СПЦ-383 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 56458-14).</p>

4.2 Допускается применять другие вновь разработанные или существующие средства измерений с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единицы плоского угла.

4.3 Применяемые средства поверки должны быть поверены или аттестованы согласно требованиям, определенным Постановлением Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. № 734.

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, определяемые правилами безопасности труда, действующими на предприятии, а также указанные в руководстве по эксплуатации автоколлиматора.

6 Внешний осмотр средства измерений

Внешний осмотр производится визуально.

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие внешнего вида автоколлиматора описанию типа;
- наличие знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа;
- комплектность автоколлиматора в соответствии с руководством по эксплуатации;
- отсутствие механических повреждений автоколлиматора, принадлежностей к нему, а также других повреждений, способных повлиять на безопасность проведения поверки и результаты поверки;
- наличие маркировки.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие операции.

7.1.1 Ознакомиться с руководством по эксплуатации.

7.1.2 Провести контроль параметров окружающей среды (температура, влажность окружающего воздуха, давление) в помещении, где проводится поверка. При проведении процедуры поверки необходимо повторно проводить контроль параметров окружающей среды в помещении, где проводится поверка, раз в один час. Условия поверки должны соответствовать требованиям п. 3 настоящей методики.

7.1.3 Выдержать поверяемый автоколлиматор на рабочем месте не менее 24 часов при условиях, указанных в п. 3.1 настоящей методики.

7.1.4 Подготовить средства поверки к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них. Средства поверки и поверяемый автоколлиматор должны размещаться на плите, установленной на виброзащитном фундаменте.

7.1.5 Подключить автоколлиматор к компьютеру с установленным программным обеспечением OptiAngle 6 (далее – ПО). Включить компьютер, запустить ПО. Выдержать автоколлиматор во включенном состоянии в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации.

7.1.6 Получить изображение автоколлимационной марки при отражении от зеркала, регулируя положение автоколлиматора. Отрегулировать яркость и контрастность изображения автоколлимационной марки.

7.2 При опробовании должно быть установлено:

- фиксация съемных элементов зажимными устройствами держателя (при наличии) должна быть надежной;
- перемещение регулировочных винтов держателя автоколлиматора (при наличии) должно быть плавным;
- изображение автоколлимационной марки должно быть четким, контрастным, с достаточной яркостью, без бликов.

8 Проверка программного обеспечения средства измерений

8.1 Информация о версии ПО доступна во вкладке «информация» («info») программы.

8.2 Идентификационные данные ПО должны соответствовать приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	OptiAngle 6
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 6.18.1

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение абсолютной погрешности измерений углов в горизонтальной и вертикальной плоскостях с помощью экзаменатора из состава ГЭТ 22-2014 проводить в следующей последовательности.

9.1.1 Включить экзаменатор в соответствии с руководством по эксплуатации на него.

9.1.2 Включить персональный компьютер экзаменатора и запустить программу «Интерференционный экзаменатор».

9.1.3 Установить поворотное зеркало экзаменатора параллельно светоделительному зеркалу интерферометра так, чтобы видеокамера экзаменатора зарегистрировала не менее пяти интерференционных полос.

9.1.4 Ввести значения температуры, влажности и давления воздуха, нажать кнопку вычисления показателя преломления воздуха.

9.1.5 Установить автоколлиматор таким образом, чтобы его визирная ось была перпендикулярна плоскости зеркала экзаменатора, а по высоте была бы примерно по середине.

9.1.6 Снять показания экзаменатора ($\alpha_{до}$) и автоколлиматора ($\alpha_{АК0}$) перед началом измерений.

9.1.7 Измерения проводить в режиме «Угол наклона в режиме автоколлимации» («Tilt angle is autocollimation») и в поддиапазоне от 0" до 20" с шагом 5".

9.1.8 При заданных углах поворота зеркала экзаменатора снимать отсчет по автоколлиматору ($\alpha_{АКi}$) и экзаменатору ($\alpha_{Ди}$).

9.1.9 Поворачивая зеркало экзаменатора в обратном направлении повторить измерения согласно п. 9.1.7 - 9.1.8 настоящей методики.

9.1.10 Провести измерения в вертикальной плоскости аналогично п. 9.1.5 – 9.1.9, повернув автоколлиматор в держателе вокруг своей оси на 90°.

9.2 Проверку диапазона и определение абсолютной погрешности измерений углов в горизонтальной и вертикальной плоскостях с помощью поворотного стола проводить в следующей последовательности.

9.2.1 Подготовить к работе поворотный стол в соответствии с руководством по эксплуатации на него.

9.2.2 Установить зеркало в центр поворотного стола. В направлении отражающей поверхности зеркала установить автоколлиматор, зафиксированный в держателе из комплекта поставки. Высота и боковое положение автоколлиматора регулируются относительно плоского зеркала таким образом, чтобы визирная ось объектива автоколлиматора была перпендикулярна отражающей поверхности зеркала и проходила через центр зеркала. Визирная ось объектива автоколлиматора должна пересекать ось вращения поворотного стола. Ось X автоколлиматора настраивается параллельно плоскости вращения поворотного стола путем поворота автоколлиматора в держателе вокруг его оси. Изменение показаний по оси Y при повороте поворотного стола и изменении показаний автоколлиматора по оси X не должно превышать $\pm 2''$.

9.2.3 Получить изображение автоколлимационной марки в окне просмотра меню «measure» ПО. Совместить изображение автоколлимационной марки, полученное при отражении от зеркала, с центральным положением.

9.2.4 Снять показания поворотного стола ($\alpha_{до}$) и автоколлиматора ($\alpha_{АК0}$) перед началом измерений.

9.2.5 Измерения проводить в режиме «Угол наклона в режиме автоколлимации» («Tilt angle is autocollimation») во всем диапазоне измерений, не менее чем в пяти точках, равномерно расположенных слева и справа от середины диапазона измерений. Для исполнений TA US 300-57 и TA US 500-57 - в поддиапазоне свыше 20" не менее чем в трех точках. Вращая поворотный стол на заданный угол, снимать отсчеты по автоколлиматору ($\alpha_{АКi}$) и поворотному столу ($\alpha_{Ди}$).

9.2.6 Вращая поворотный стол в обратном направлении повторить измерения согласно п. 9.2.5 настоящей методики.

9.2.7 Провести измерения в вертикальной плоскости аналогично п. 9.2.2 – 9.2.6, повернув автоколлиматор в держателе вокруг своей оси на 90°.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Вычислить абсолютную погрешность измерений углов в каждой поверяемой точке при прямом и обратном ходах по формуле

$$\Delta \alpha = \alpha_{AK} - \alpha_{Д}, \quad (1)$$

где $\alpha_{AK} = \alpha_{AKi} - \alpha_{AK0}$ - значение угла, измеренное автоколлиматором, секунда,

$\alpha_{Д} = \alpha_{Ди} - \alpha_{Д0}$ - действительное значение угла, заданное поворотным столом или экзаменатором, секунда.

10.2 За абсолютную погрешность измерений углов в каждой поверяемой точке принять среднее арифметическое значение результатов, полученных по формуле (1) при прямом и обратном ходах.

10.3 Автоколлиматор соответствует метрологическим требованиям, если абсолютная погрешность измерений углов не превышает значений, указанных в таблице 1.

10.4 Критерии подтверждения соответствия обязательным метрологическим требованиям, предъявляемым к эталону

10.4.1 Доверительные границы абсолютной погрешности автоколлиматора при доверительной вероятности 0,99 принять максимальное полученное значение абсолютной погрешности измерений углов.

10.4.2 Если значения абсолютной погрешности автоколлиматора удовлетворяют требованиям п. 10.3 настоящей методики, то нормированные характеристики автоколлиматора сравниваются с обязательными метрологическими требованиями, предъявляемыми п. 4.2.2.2, п. 4.3.1.2, п. 4.4.1.2, п. 4.2.3.2, п. 4.3.2.2, п. 4.4.2.2, п. 4.2.4.2, п. 4.3.3.2, п. 4.4.3.2 ГПС.

10.4.2.1 Автоколлиматоры исполнений ТА 1000-115, ТА-1000-140, ТА US 300-57, ТА US 500-57 считаются прошедшими поверку в качестве рабочего эталона 1-го разряда в соответствии с п. 4.2.2.2, п. 4.3.1.2, п. 4.4.1.2 ГПС.

10.4.2.2 Автоколлиматоры исполнений ТА 300-38, ТА-300-57, ТА-500-57 считаются прошедшими поверку в качестве рабочего эталона 2-го разряда в соответствии с п. 4.2.3.2, п. 4.3.2.2, п. 4.4.2.2 ГПС.

10.4.2.3 Автоколлиматоры исполнений ТА 150-38, ТА-200-38 считаются прошедшими поверку в качестве рабочего эталона 3-го разряда в соответствии с п. 4.2.4.2, п. 4.3.3.2, п. 4.4.3.2 ГПС.

11 Оформление результатов поверки

11.1 При проведении поверки автоколлиматора оформляют протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки автоколлиматора приведена в Приложении А.

11.2 Автоколлиматоры, удовлетворяющие требованиям настоящей методики поверки, признают годными к применению. При отрицательных результатах поверки по одному из пунктов методики автоколлиматоры не допускаются к применению.

11.3 Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке или извещение о непригодности. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (в случае его оформления). Нанесение знака поверки на автоколлиматор не предусмотрено.

Приложение А
Форма протокола поверки
(рекомендуемая)

Протокол поверки № _____

Наименование средства измерений (эталон), тип	
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде	
Заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение	
Изготовитель (если имеется информация)	
Год выпуска (если имеется информация)	
Заказчик (наименование и юридический адрес)	
Серия и номер знака предыдущей поверки (при наличии)	
Дата предыдущей поверки	

Вид поверки: _____.

Условия проведения поверки:

температура окружающего воздуха _____,
изменение температуры окружающего воздуха в течение 1 часа _____,
относительная влажность окружающего воздуха _____,
атмосферное давление _____.

Методика поверки: МП 2511-0003-2022 «ГСИ. Автоколлиматоры цифровые TriAngle. Методика поверки», согласованная ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 28 октября 2022 г.

Средства поверки

Результаты поверки

- 1 Результат внешнего осмотра _____
- 2 Результат опробования _____
- 3 Проверка программного обеспечения средства измерений _____
- 4 Проверка диапазона, определение абсолютной погрешности измерений углов _____

Поверяемые точки диапазона измерений	Абсолютная погрешность измерений углов		Абсолютная погрешность измерений углов
	прямой ход	обратный ход	
Координата «X»			
Координата «Y»			

Заключение: автоколлиматор цифровой TriAngle _____ соответствует (не соответствует) предъявляемым требованиям и признан годным (не годным) к применению¹⁾.

Примечание:

1) При выполнении поверки автоколлиматора в качестве рабочего эталона, указывается разряд в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений плоского угла, утвержденной приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482.

На основании результатов поверки выдано (по заявлению владельца СИ):

Свидетельство о поверке № _____ от _____

Извещение о непригодности № _____ от _____

Поверку выполнил

ФИО

Подпись

Дата