

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»
А.Н. Пронин
М.П. «14» марта 2025 г.



Государственная система обеспечения единства измерений
Автоколлиматоры цифровые АК

Методика поверки

МП 2511-0002-2025

Руководитель отдела геометрических измерений

 Н.А. Кононова

Ведущий инженер

 Е.И. Логвинюк

г. Санкт-Петербург
2025

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на автоколлиматоры цифровые АК (далее – автоколлиматоры) 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 и обязательные метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 - Метрологические требования

Модификация 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 разряда	2 разряда
АК-025	от -1200" до +1200"/ от -900" до +900"	$\pm 0,25''$	0,3"	-
АК-05		$\pm 0,50''$	-	1"
АК-025М		$\pm 0,10''$ (в поддиапазоне измерений от -600" до +600" включ.) $\pm 0,25''$ (в остальных поддиапазонах)	0,3"	-

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
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 и определение абсолютной погрешности измерений углов	Да	Да	9
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, °C от 17 до 23;
- изменение температуры в течение 1 часа не должно превышать, °C 0,2;
- относительная влажность окружающего воздуха, %, не более 80;
- 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, необходимым для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 7.1.2 Контроль параметров окружающей среды	Средство измерений температуры окружающего воздуха (пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,05$ °C в диапазоне от 17 °C до 23 °C).	Термометр лабораторный электронный ЛТ-300 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 61806-15).

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимым для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	<p>Средство измерений относительной влажности воздуха (пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности $\pm 2\%$ в диапазоне от 0 % до 80 %).</p> <p>Средство измерений атмосферного давления (диапазон измерений от 85 до 105 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 3 гПа).</p>	<p>Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 Р-03-И-Д, (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 71394-18).</p> <p>Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 Р-03-И-Д, (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 71394-18).</p>
п. 7.2 Опробование	<p>Рулетка измерительная металлическая, номинальная длина шкалы не менее 2 м, 3 класс точности по ГОСТ 7502-98.</p> <p>Зеркало (вспомогательное оборудование): плоское, в оправе с основанием, диаметром 80 мм, отклонение от плоскостности не более 0,2 интерференционной полосы.</p>	<p>Рулетка РЗНЗК ГОСТ 7502-98</p> <p>Зеркало (вспомогательное оборудование): плоское, в оправе с основанием, диаметром 80 мм, отклонение от плоскостности не более 0,2 интерференционной полосы.</p>
п. 9 Определение метрологических характеристик	<p><u>Для модификаций АК-025 и АК-025М:</u></p> <p>Государственный первичный эталон единицы плоского угла (экзаменатор интерференционный) или Вторичный эталон (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 модификации АК-05:</u> Рабочий эталон 1-го разряда (поворотный стол) по государственной поверочной схеме для средств измерений плоского угла (часть 2), утвержденной приказом</p>	<p>Государственный первичный эталон единицы плоского угла ГЭТ 22-2014.</p> <p>Государственный первичный эталон единицы плоского угла ГЭТ 22-2014.</p>

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимым для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	<p>Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482.</p> <p>Рулетка измерительная металлическая, номинальная длина шкалы не менее 2 м, 3 класс точности по ГОСТ 7502-98.</p> <p>Зеркало (вспомогательное оборудование): плоское, в оправе с основанием, диаметром 80 мм, отклонение от плоскостности не более 0,2 интерференционной полосы.</p>	<p>Рулетка РЗНЗК ГОСТ 7502-98</p> <p>Зеркало (вспомогательное оборудование): плоское, в оправе с основанием, диаметром 80 мм, отклонение от плоскостности не более 0,2 интерференционной полосы.</p>

4.2 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 3.

4.3 Применяемые средства поверки должны быть поверены согласно порядку, установленному приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510, или аттестованы согласно порядку, установленному приказом Минпромторга России от 11.02.2020 № 456.

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 документе РВАЕ.401219.003 РЭ «Автоколлиматоры цифровые АК. Руководство по эксплуатации» (далее – руководство по эксплуатации).

6 Внешний осмотр средства измерений

Внешний осмотр производится визуально.

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие внешнего вида автоколлиматора описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- наличие знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа;
- соответствие комплектности автоколлиматора требованиям руководства по эксплуатации и документа РВАЕ.401219.003 ПС «Автоколлиматор цифровой АК. Паспорт»;
- отсутствие механических повреждений автоколлиматора, принадлежностей к нему, а также других повреждений, способных повлиять на безопасность проведения поверки и результаты поверки;
- наличие четкой маркировки и ее соответствие требованиям руководства по эксплуатации.

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 в помещении, где проводится поверка.

7.1.4 Подготовить средства поверки и поверяемый автоколлиматор 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 Установить ноутбук на рабочем месте оператора на расстоянии не более чем 1,5 метра от автоколлиматора. Установить автоколлиматор на двухкоординатное юстируемое основание. В соответствии с руководством по эксплуатации подключить автоколлиматор к ноутбуку с установленным программным обеспечением GonioScan AC (далее – ПО). Включить ноутбук, запустить ПО. Выдержать автоколлиматор во включенном состоянии в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации.

7.1.6 Проверить плавность перемещения всех подвижных частей, регулировочных винтов автоколлиматора.

7.2 Опробование

7.2.1 Установить автоколлиматор в направлении отражающей поверхности зеркала таким образом, чтобы визирная ось автоколлиматора была перпендикулярна плоскости зеркала, а по высоте была бы примерно по середине. При наличии целеуказателя в комплектности автоколлиматора:

- установить на зрительную трубу автоколлиматора целеуказатель, прижав его к кольцу объектива, и зафиксировать его на зрительной трубе с помощью винта так, чтобы последний был сверху,

- совместить изображение отраженного от зеркала лазерного луча с геометрическим центром целеуказателя, наводя автоколлиматор на рабочую поверхность зеркала,

- снять целеуказатель.

7.2.2 Получить изображение автоколлимационной марки при отражении от зеркала. Отрегулировать яркость и контрастность изображения автоколлимационной марки.

7.2.3 При опробовании должно быть установлено:

- фиксация съемных элементов зажимными устройствами (фиксатор поворота трубы, фиксатор установки на двухкоординатное основание) должна быть надежной;
- перемещение регулировочных винтов автоколлиматора 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 «О программе».

8.2 Идентификационные данные ПО должны соответствовать приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	GonioScan AC
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.X*
* «X» не относится к метрологически значимой части ПО и принимает значения от 3 до 9	

9 Определение метрологических характеристик средства измерений

9.1 Определение абсолютной погрешности измерений углов в горизонтальной и вертикальной плоскостях с помощью интерференционного экзаменатора (далее – экзаменатора) проводить в следующей последовательности.

9.1.1 Включить экзаменатор и подготовить к работе 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 на расстоянии от объектива до зеркала экзаменатора 100 мм.

9.1.6 Включить ноутбук. Запустить ПО. Во вкладке «Вид» выбрать единицы измерений «Секунды». В поле «Расстояние до объекта» указать текущее расстояние от объектива автоколлиматора до зеркала.

9.1.7 Высота и боковое положение автоколлиматора регулируются относительно зеркала экзаменатора таким образом, чтобы визирная ось объектива автоколлиматора была перпендикулярна отражающей поверхности зеркала экзаменатора и проходила через центр зеркала. Визирная ось объектива автоколлиматора должна пересекать ось вращения поворотного стола. Изменение показаний по оси Y при повороте зеркала экзаменатора в пределах диапазона измерений горизонтальных углов автоколлиматора не должно превышать $\pm 1''$. Зафиксировать положение зрительной трубы автоколлиматора.

9.1.8 Получить изображение автоколлимационной марки в основном окне ПО. Совместить изображение автоколлимационной марки, полученное при отражении от зеркала, с центральным неподвижным перекрестием.

9.1.9 Снять начальные показания экзаменатора ($\alpha_{до}$) и автоколлиматора ($\alpha_{АК0}$).

9.1.10 Измерения проводить во всем диапазоне измерений, слева и справа от середины диапазона через минутные интервалы в диапазоне от 0' до 10', через 5' - свыше 10'.

9.1.11 При заданных углах поворота зеркала экзаменатора снимать отсчет по автоколлиматору ($\alpha_{АК}$) и экзаменатору ($\alpha_{дл}$).

9.1.12 Провести измерения аналогично п. 9.1.5 – п. 9.1.10 при установке автоколлиматора на расстоянии от объектива до зеркала 0,25 м для автоколлиматоров модификации АК-025М, 1 м для автоколлиматоров модификации АК-025.

9.1.13 Аналогично провести измерения в вертикальной плоскости, повернув автоколлиматор в основании вокруг оси объектива на 90°. Изменение показаний по оси X при повороте зеркала экзаменатора в пределах диапазона измерений вертикальных углов автоколлиматора не должно превышать $\pm 1''$.

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 на расстоянии 100 мм от объектива до зеркала.

9.2.3 Включить ноутбук. Запустить ПО. Во вкладке «Вид» выбрать единицы измерений «Секунды». В поле «Расстояние до объекта» указать текущее расстояние от объектива автоколлиматора до зеркала.

9.2.4 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 Х автоколлиматора настраивается параллельно плоскости вращения поворотного стола путем поворота автоколлиматора в держателе вокруг его оси. Изменение показаний по оси Y при повороте зеркала в пределах диапазона измерений горизонтальных углов автоколлиматора не должно превышать $\pm 1''$ для автоколлиматоров модификаций АК-025 и АК-025М, $\pm 2''$ для автоколлиматоров модификации АК-05. Зафиксировать положение зрительной трубы автоколлиматора.

9.2.5 Получить изображение автоколлимационной марки в основном окне ПО. Совместить изображение автоколлимационной марки, полученное при отражении от зеркала, с центральным неподвижным перекрестием.

9.2.6 Снять начальные показания поворотного стола ($\alpha_{до}$) и автоколлиматора ($\alpha_{АК0}$).

9.2.7 Измерения проводить во всем диапазоне измерений, слева и справа от середины диапазона через минутные интервалы в диапазоне от 0' до 10', через 5' - свыше 10'.

9.2.8 Вращая поворотный стол на заданный угол, снимать отсчеты по автоколлиматору ($\alpha_{АКi}$) и поворотному столу ($\alpha_{ди}$).

9.2.9 Провести измерения аналогично п. 9.2.2 – 9.2.8 при установке автоколлиматора на расстоянии от объектива до зеркала 0,25 м для автоколлиматоров модификации АК-025М, 1 м для автоколлиматоров модификаций АК-025 и 2 м для автоколлиматоров модификаций АК-05.

9.2.10 Аналогично провести измерения в вертикальной плоскости, повернув автоколлиматор в основании вокруг оси объектива на 90° . Изменение показаний по оси Х при повороте зеркала в пределах диапазона измерений вертикальных углов автоколлиматора не должно превышать $\pm 1''$.

10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Вычислить абсолютную погрешность измерений углов на каждом поверяемом интервале по формуле

$$\Delta \alpha = \alpha_{АК} - \alpha_{д}, \quad (1)$$

где $\alpha_{АК} = \alpha_{АКi} - \alpha_{АК0}$ - значение угла, измеренное автоколлиматором, секунда,
 $\alpha_{д} = \alpha_{ди} - \alpha_{до}$ - действительное значение угла, заданное поворотным столом или экзаменатором, секунда.

10.2 Автоколлиматор соответствует метрологическим требованиям, если диапазон и абсолютная погрешность измерений углов соответствуют данным, приведенным в таблице 1.

10.3 Критерии подтверждения соответствия обязательным метрологическим требованиям, предъявляемым к эталону

10.3.1 За абсолютную погрешность автоколлиматора при доверительной вероятности 0,99 принять максимальное полученное значение абсолютной погрешности измерений углов.

10.3.2 Если значения абсолютной погрешности автоколлиматора удовлетворяют требованиям п. 10.2 настоящей методики, то нормированные характеристики автоколлиматора сравниваются с обязательными метрологическими требованиями, предъявляемыми п. 4.2.2.2, п. 4.2.3.2, п. 4.3.1.2, п. 4.3.2.2, п. 4.4.1.2, п. 4.4.2.2 ГПС.

10.3.2.1 Автоколлиматоры модификаций АК-025, АК-025М 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.

10.3.2.2 Автоколлиматоры модификации АК-05 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.

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)	

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 2511-0002-2025 «ГСИ. Автоколлиматоры цифровые АК. Методика поверки».

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 _____

Измеряемый интервал	Абсолютная погрешность измерений (расстояние до зеркала 100 мм)		Абсолютная погрешность измерений (расстояние до зеркала _____ мм)	
	Горизонтальная плоскость	Вертикальная плоскость	Горизонтальная плоскость	Вертикальная плоскость

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

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