

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
Западно-Сибирского филиала
ФГУП «ВНИИФТРИ»



В. Ю. Кондаков
_____ 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Установка эталонная для поверки теодолитов ЭУ-2

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-418-RA.RU.310556-2022

г. Новосибирск

2022 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на установку эталонную для поверки теодолитов ЭУ-2 (далее – установку), зав. номер 23, изготовленную ООО «Геонорд», г. Санкт-Петербург, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Необходимо обеспечение прослеживаемости установки к государственному первичному эталону единицы величины посредством использования аттестованных (поверенных) в установленном порядке средств поверки.

1.3 В результате поверки должны быть подтверждены диапазоны измерений углов в горизонтальных и вертикальных плоскостях от 0° до 360° и $\pm 45^\circ$ соответственно, среднее квадратическое отклонение измерений углов не более $0,1''$, абсолютная погрешность измерений при доверительной вероятности 0,99 (доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99) не более $0,3''$.

По итогам проведения поверки должна обеспечиваться прослеживаемость установки к государственному первичному эталону единицы плоского угла ГЭТ 22-2014 в соответствии с Приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. №2482 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений плоского угла» (с изменениями, внесенными приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 апреля 2019 г. № 1018).

Методика поверки реализуется посредством метода прямых измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки выполнить операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции проведения поверки

Наименование операции поверки	Номер раздела МП	Обязательность выполнения операций поверки 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	да	да
Определение диапазона измерений углов	9.1	да	да
Определение среднего квадратического отклонения измерений углов и абсолютная погрешность измерений при доверительной вероятности 0,99 (доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99))	9.2	да	да
Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	10	да	да

2.2 Поверка установки осуществляется аккредитованными в установленном порядке юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

2.3 Не допускается проведение поверки меньшего числа измеряемых величин.

2.4 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенных в таблице 1, поверка прекращается, и установка признается непригодной к применению.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Поверка должна проводиться в климатических условиях, соответствующих рабочим условиям применения эталонов и поверяемой установки:

- температура окружающего воздуха от 17 °С до 23 °С;
- атмосферное давление от 95 до 105 кПа;
- относительная влажность воздуха до 60 %;
- скорость изменения температуры окружающего воздуха не более 0,5 °С в час.

3.2 Перед проведением поверки выполнить следующие подготовительные работы:

- проверить комплектность установки в соответствии с эксплуатационной документацией (далее - ЭД);
- проверить наличие сведений о результатах поверки средств измерений, включенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений;
- установка и средства поверки должны быть выдержаны при нормальных условиях не менее 1 ч.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица с высшим или средним техническим образованием, аттестованные в качестве поверителей в области геодезических средств измерений и изучившие настоящую методику, документацию на установку и эксплуатационную документацию на используемые средства поверки.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Для поверки применять средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер раздела МП	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9.1	Средства измерений плоского угла в диапазоне от 0° до 360°, среднее квадратическое отклонение от 0,03" до 0,08"	Государственный вторичный эталон единицы плоского угла в диапазоне значений от 0° до 360° ВЭТ 22-1-91, регистрационный номер эталона в Федеральном информационном фонде 2.1.ZZH.0112.2014. Мера плоского угла призматическая 4-24-0, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 86389-22
9.2		
9.1, 9.2	Средство измерений температуры, диапазон измерений от 10 до 25 °С, абсолютная погрешность измерений $\pm 0,1$ °С; Средства измерений относительной влажности воздуха, диапазон измерений от 20 до 90 %, абсолютная погрешность измерений не более $\pm 6\%$; Средства измерений атмосферного давления, диапазон измерений от 80 до 110 кПа, абсолютная погрешность измерений не более 0,5 кПа	Термометр ртутный стеклянный лабораторный ТЛ-19, регистрационный номер 1879-63 в Федеральном информационном фонде (вспомогательное средство); Гигрометр психрометрический ВИТ-1, регистрационный номер 9364-08 в Федеральном информационном фонде (вспомогательное средство); Измеритель абсолютного и дифференциального давления газа МБГО-2, регистрационный номер 39837-08 в Федеральном информационном фонде (вспомогательное средство)

Продолжение таблицы 2

Номер раздела МП	Метрологические и технические требо- вания к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств по- верки
Примечания: Сведения о результатах поверки (аттестации) средств измерений (эталонов), применяемых при поверке, должны быть опубликованы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений. Допускается применение средств поверки, не приведенных в рекомендуемом перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью, передачу единицы величины средству измерений при его поверке и прослеживаемость эталонов и средств измерений, применяемых при поверке, к государственным первичным эталонам единиц величин.		

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- требования по технике безопасности, указанные в ЭД на используемые средства поверки;
- правила по технике безопасности, действующие на месте поверки;
- ГОСТ 12.3.019-80 «Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности»;
- ГОСТ 12.2.091-2012 «Безопасность электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования».

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре установки установить:

- комплектность установки и наличие маркировки (заводской номер, тип) путём сравнения с ЭД на установку, наличие поясняющих надписей;
- исправность переключателей, работу подсветок, исправность разъемов и внешних соединительных кабелей;
- качество гальванических и лакокрасочных покрытий;
- отсутствие коррозии, механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики.

7.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты внешнего осмотра удовлетворяют п. 7.1. В противном случае установка бракуется, дальнейшие операции поверки не производят.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 При опробовании установить соответствие установки следующим требованиям:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединенных деталей и элементов;
- плавность и равномерность движения подвижных частей;
- правильность взаимодействия с комплектом принадлежностей;
- работоспособность установки в соответствии с указаниями п. 2.4 РЭ.

Если перечисленные требования не выполняются, установку признают негодной к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

8.2 Результаты поверки считать положительными, если результаты опробования и поверки работоспособности удовлетворяют п. 8.1.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение диапазона измерений углов

9.1.1 Определение диапазона измерений углов в горизонтальной плоскости.

9.1.1.1 При помощи регулировочных винтов держателя 12-гранной призмы из состава установки отъюстировать её положение в горизонтальной плоскости – торцевое биение верхней поверхности многогранной призмы не должно превышать 0,05 мм (юстировку провести с использованием индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм).

9.1.1.2 Включить автоколлиматор АКУ-0,2 (горизонтального круга) из состава установки и вращением поворотного стола добиться четкого изображения автоколлимационной марки в поле зрения автоколлиматора, отраженной от первой рабочей грани призмы.

9.1.1.3 Последовательно вращая поворотный стол с шагом 30° (угол, образуемый двумя смежными гранями призмы) навестись на каждую последующую рабочую грань (грани 1-2, 2-3,...12-1), наблюдая в окуляр автоколлиматора марку, отраженную от каждой грани.

9.1.1.4 На двенадцатом повороте призмы (грани 12-1), замыкая круг, должна быть возможность наблюдения автоколлимационной марки и снятия отсчета измерения.

9.1.2. Определение диапазона измерений углов в вертикальной плоскости.

9.1.2.1 При помощи регулировочных винтов держателя 24-гранной призмы из состава установки отъюстировать её положение в вертикальной плоскости – торцевое биение верхней поверхности многогранной призмы не должно превышать 0,05 мм (юстировку провести с использованием индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм).

9.1.2.2 Включить автоколлиматор АКУ-0,2 (вертикального круга) из состава установки и вращением поворотного коромысла добиться четкого изображения автоколлимационной марки в поле зрения автоколлиматора, отраженной от первой рабочей грани призмы (допускается проводить наведение с любой грани призмы).

9.1.2.3 Последовательно вращая коромысло с шагом 15° (угол, образуемый двумя смежными гранями призмы) навестись на каждую последующую рабочую грань в диапазоне $\pm 45^\circ$ (грани 1-2, 2-3, 3-4, 4-5), наблюдая в перископический окуляр автоколлиматора марку, отраженную от каждой грани.

9.1.2.4 На четвертом повороте призмы (грани 4-5) должна быть возможность наблюдения автоколлимационной марки и снятия отсчета измерения.

9.1.2 Результаты поверки считать положительными, если диапазон измерений углов в горизонтальной плоскости составляет от 0° до 360°, диапазон измерений углов в вертикальной плоскости $\pm 45^\circ$.

9.2 Определение среднего квадратического отклонения измерений углов и абсолютная погрешность измерений при доверительной вероятности 0,99 (доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99))

9.2.1 Определение среднего квадратического отклонения измерений углов в горизонтальной плоскости и абсолютной погрешности измерений при доверительной вероятности 0,99 (доверительных границ допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99) в горизонтальной плоскости.

9.2.1.1 При помощи регулировочных винтов держателя 12-гранной призмы из состава установки отъюстировать её положение в горизонтальной плоскости – торцевое биение верхней поверхности 12-гранной призмы не должно превышать 0,05 мм (юстировку провести с использованием индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм).

9.2.1.2 Вращением поворотного стола добиться четкого изображения автоколлимационной марки, отраженной последовательно от всех рабочих поверхностей 12-гранной призмы, в поле зрения автоколлиматора АКУ-0,2 из состава установки (рисунок 1).

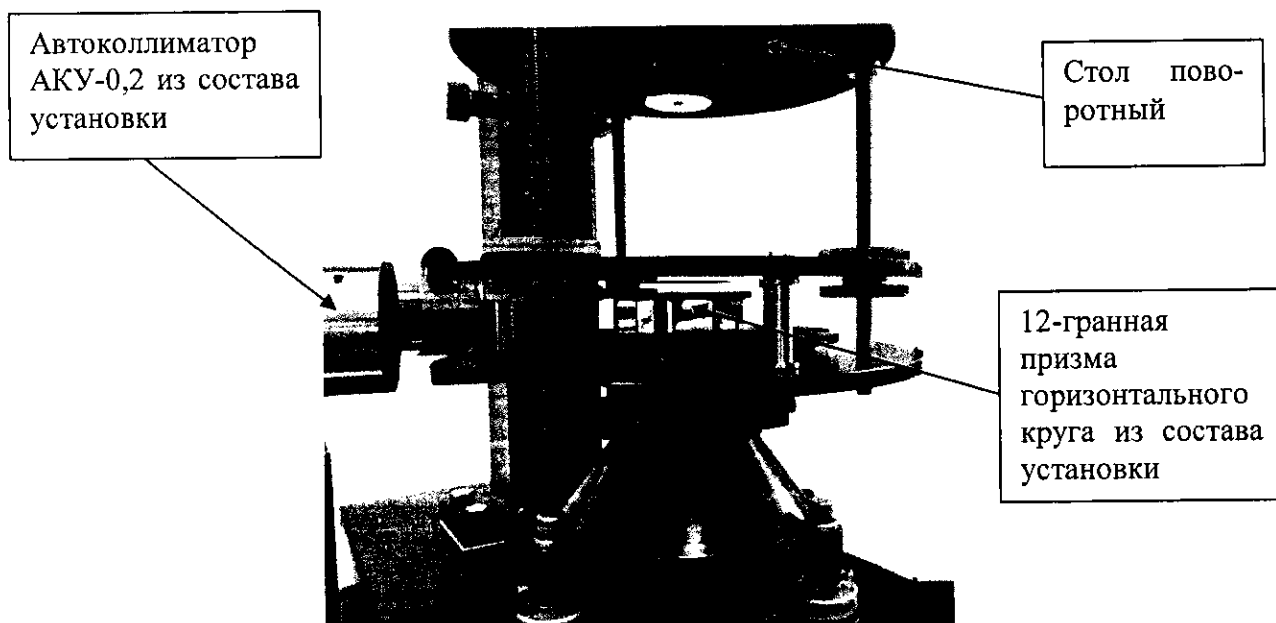


Рисунок 1 – Общий вид узла горизонтального круга установки

9.2.1.3 Установить в держатель многогранной призмы 36-гранную призму из состава вторичного эталона единицы плоского угла ВЭТ-22-1-91 и смонтировать его на поворотном столике установки (место испытываемого СИ). При помощи регулировочных винтов держателя 36-гранной призмы отъюстировать её положение в горизонтальной плоскости - торцевое биение верхней поверхности 36-гранной призмы не должно превышать 0,05 мм (юстировку провести с использованием индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм).

9.2.1.4 Установить поворотное коромысло установки в положение, при котором визирная ось коллиматора, установленного на коромысле, находится в горизонтальной плоскости и наведена на рабочую грань 36-гранной призмы (рисунок 2).

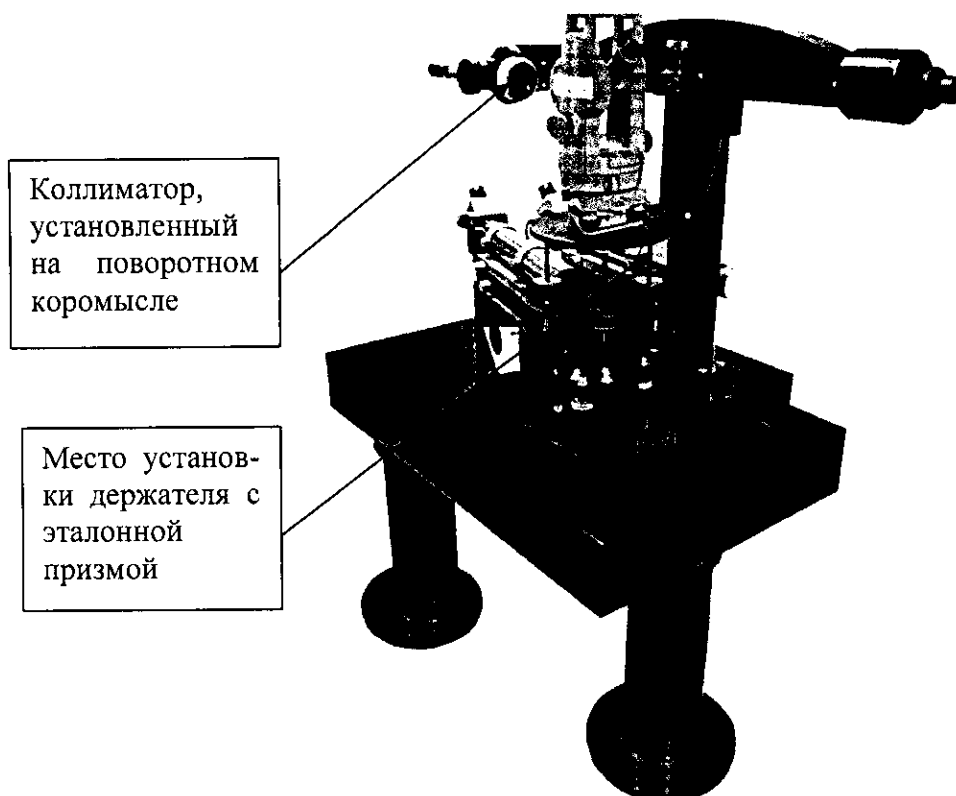


Рисунок 2 – Общий вид соосного монтажа эталонной и штатной призм в горизонтальной плоскости (эталонная призма устанавливается на место поверяемого СИ)

9.2.1.5 Установить на жестком основании цифровой автоколлиматор из состава вторичного эталона единицы плоского угла ВЭТ-22-1-91 и навестись на рабочую грань 36-гранной призмы. Визирная ось автоколлиматора должна быть направлена в середину грани 36-гранной призмы, параллельно плоскости измерения и перпендикулярно грани. Вращением поворотного стола добиться четкого изображения автоколлимационной марки, отраженной последовательно от всех рабочих поверхностей 36-гранной призмы, в поле зрения автоколлиматора.

9.2.1.6 Вращая поворотный стол с шагом в 30° (12-гранная призма и 36-гранная призма на столе, установлены соосно), провести измерения всех заданных установкой углов поворота рабочих граней 12-гранной призмы (межгранный угол призмы равен 30°) с использованием штатного автоколлиматора (АКУ-0,2) и углов граней 36-гранной призмы, измеренных автоколлиматором из состава ВЭТ-22-1-91.

9.2.1.7 Установить измеренное значение каждого межгранного угла 12-гранной и 36-гранной призмы.

9.2.1.8 Результаты измерений углов граней призм, измеренных автоколлиматорами, занести в журнал.

9.2.1.9 Выполнить операции измерения каждого угла призм, равного 30° , десять раз ($n=10$).

9.2.1.10 Рассчитать для каждого измеренного угла абсолютную погрешность по формуле (1):

$$\Delta_{\alpha ij} = \alpha_{ij} - \alpha_{\text{действ}ij}, \quad (1)$$

где:

i – номер измерения ($i = 1 \dots n$);

j – угол поворота призмы от 1 до 12 грани;

α_{ij} – значение горизонтального угла, полученное при измерении 12-гранной призмы автоколлиматором из состава установки;

$\alpha_{\text{действ}ij}$ – значение горизонтального угла, полученное при измерении граней 36-гранной призмы с использованием автоколлиматора из состава ВЭТ-22-1-91.

9.2.1.11 Систематическую составляющую погрешности измерений для каждого из горизонтальных углов вычислить по формуле (2):

$$D_{\alpha j} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{\alpha ij}}{n}, \quad (2)$$

где:

$\Delta_{\alpha ij}$ – значение абсолютной погрешности, рассчитанной по формуле 1;

n – количество измерений, выполненных для каждого межгранного угла 12-гранной призмы из состава установки;

i – номер измерения ($i = 1 \dots n$);

j – угол поворота призмы от 1 до 12 грани.

Среднее квадратическое отклонение абсолютной погрешности измерений углов для каждого из горизонтальных углов рассчитать по формуле (3):

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_{\alpha ij} - D_{\alpha j})^2}{n-1}}, \quad (3)$$

Абсолютную погрешность измерений при доверительной вероятности 0,99 (доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99) вычислить по формуле (4):

$$\Delta_{\alpha j} = \pm(|D_{\alpha j}| + 3S_j), \quad (4)$$

где:

$D_{\alpha j}$ – значение систематической составляющей погрешности, рассчитанной по формуле (2);

S_j – значение СКО абсолютной погрешности, рассчитанной по формуле (3).

9.2.1.12 За среднее квадратическое отклонение измерений углов следует принять максимальное полученное значение S_j , за абсолютную погрешность измерений при доверительной вероятности 0,99 (доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99) следует принять максимальное полученное значение $\Delta_{\alpha j}$).

9.2.2 Определение среднего квадратического отклонения измерений углов в вертикальной плоскости и абсолютной погрешности измерений при доверительной вероятности 0,99 (доверительных границ допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99) в вертикальной плоскости.

9.2.2.1 Установить на ось вращения вертикального круга установки меру плоского угла призматическую 4-24-0 (далее – эталонная призма (рисунок 3)).

9.2.2.2 Вращением коромысла добиться четкого изображения автоколлимационной марки, отраженной от всех рабочих поверхностей 24-гранной призмы вертикального круга, установленной на вертикальной оси вращения установки (эталонная призма и 24-гранная призма установлены соосно), в поле зрения автоколлиматора АКУ-0,2 из состава установки (рисунок 3).

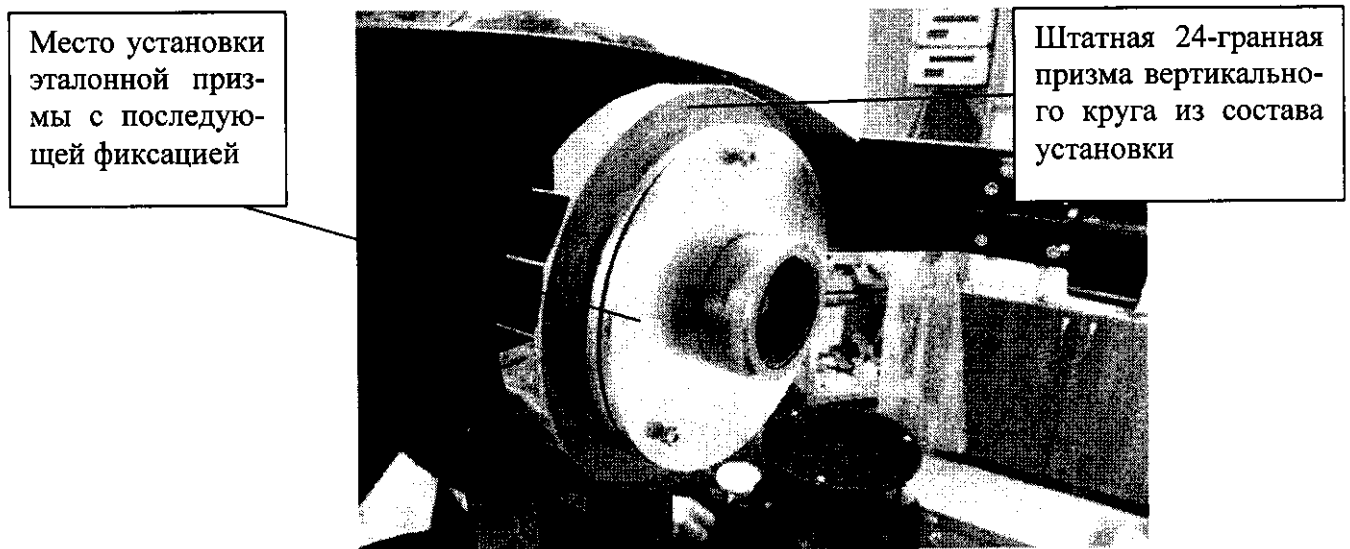


Рисунок 3 – Общий вид соосного монтажа эталонной и штатной призм в вертикальной плоскости

9.2.2.3 Установить поворотное коромысло установки в положение, при котором визирная ось коллиматора, установленного на коромысле, находится в положении, соответствующем значению минус 45° .

9.2.2.4 Установить на жестком основании цифровой автоколлиматор из состава вторичного эталона единицы плоского угла ВЭТ-22-1-91 и навестись на рабочую грань эталонной призмы. Визирная ось автоколлиматора должна быть направлена в середину грани эталонной

призмы, параллельно плоскости измерения и перпендикулярно грани. Вращением коромысла добиться четкого изображения автоколлимационной марки, отраженной от рабочих поверхностей призмы, в диапазоне задания вертикальных углов $\pm 45^\circ$.

9.2.2.5 Задавая углы поворотным коромыслом, провести измерения углов рабочих граней 24-гранной призмы с использованием штатного автоколлиматора АКУ-0,2 (рисунок 4) в диапазоне $\pm 45^\circ$ и эталонной призмы с использованием автоколлиматора из состава ВЭТ-22-1-91, установленного в стороне на жестком основании.

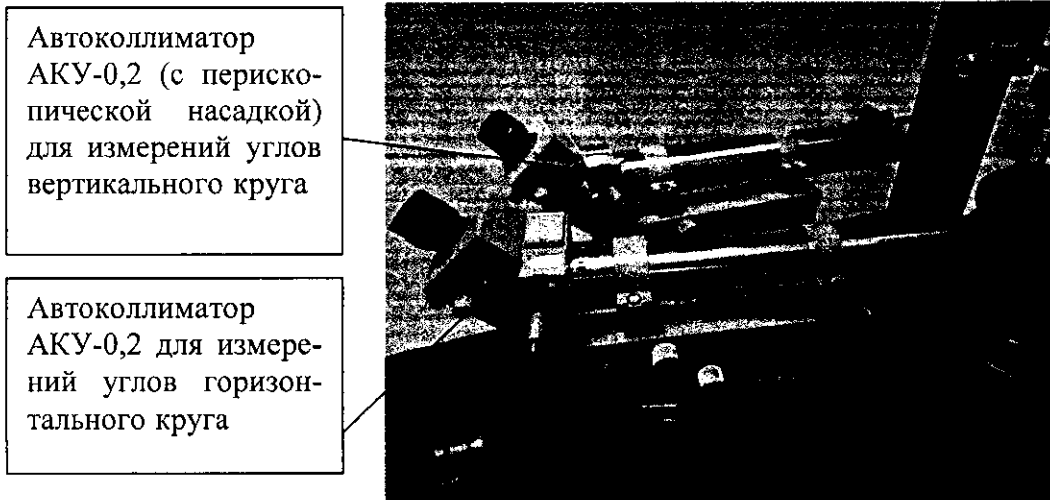


Рисунок 4 – Общий вид автоколлиматоров из состава установки ЭУ-2 для измерений горизонтальных и вертикальных углов

9.2.2.6 Установить измеренное значение каждого из углов в диапазоне $\pm 45^\circ$ 24-гранной и эталонной призмой.

9.2.2.7 Результаты измерений углов граней призм, измеренных автоколлиматорами занести в журнал.

9.2.2.8 Выполнить операции измерения каждого угла призмы десять раз ($n=10$).

9.2.2.9 Рассчитать для каждого измеренного угла абсолютную погрешность по формуле (5):

$$\Delta_{\beta ij} = \beta_{ij} - \beta_{\text{действ}ij}, \quad (5)$$

где:

i – номер измерения ($i = 1 \dots n$);

j – угол поворота призмы от 1 до 6 грани;

β_{ij} – значение горизонтального угла, полученное при измерении 24-призмы автоколлиматором из состава установки;

$\beta_{\text{действ}ij}$ – значение горизонтального угла, полученное при измерении граней эталонной призмы с использованием автоколлиматора из состава ВЭТ-22-1-91.

9.2.2.10 Систематическую составляющую погрешности измерений каждого из вертикальных углов вычислить по формуле (6):

$$D_{\beta j} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{\beta ij}}{n}, \quad (6)$$

где:

$\Delta_{\alpha ij}$ – значение абсолютной погрешности, рассчитанной по формуле 5;

n – количество измерений, выполненных для каждого углового положения 24-гранной призмы из состава установки;

i – номер измерения ($i = 1 \dots n$);

j – угол поворота призмы от 1 до 6 грани.

Среднее квадратическое отклонение абсолютной погрешности измерений каждого из горизонтальных углов вычислить по формуле (7):

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_{\beta ij} - D_{\beta j})^2}{n-1}}, \quad (7)$$

Абсолютную погрешность измерений при доверительной вероятности 0,99 (доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99) вычислить по формуле (8):

$$\Delta_{\beta j} = \pm (|D_{\beta j}| + 3S_j), \quad (8)$$

где:

$D_{\beta j}$ – значение систематической составляющей погрешности, рассчитанной по формуле (6);

S_j – значение СКО абсолютной погрешности, рассчитанной по формуле (7).

9.2.2.11 За среднее квадратическое отклонение измерений углов следует принять максимальное полученное значение S_j , за абсолютную погрешность измерений при доверительной вероятности 0,99 (доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99) следует принять максимальное полученное значение $\Delta_{\beta j}$.

9.2.3 Результаты поверки считать положительными, если значение среднего квадратического отклонения измерений углов не более 0,1", абсолютной погрешности измерений при доверительной вероятности 0,99 (доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99) 0,3".

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Процедура обработки результатов измерений метрологических характеристик приведена в п.п. 9.1 - 9.2.

10.2 Абсолютная погрешность измерений при доверительной вероятности 0,99 (доверительные границы допускаемой абсолютной погрешности измерений углов (при доверительной вероятности 0,99) 0,3", что соответствует требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам 1-го разряда по действующей государственной поверочной схеме для средств измерений плоского угла, утвержденной приказом Росстандарта № 2482 от 26 ноября 2018 г.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки установки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца установки или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке и (или) в паспорт установки вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

12.2 Результаты поверки оформить в соответствии с приказом № 2510 от 31.07.2020 г. Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Начальник отдела 10
Западно-Сибирского филиала
ФГУП «ВНИИФТРИ»



М. Д. Безбородов