

Уральский научно-исследовательский институт метрологии - филиал
Федерального государственного унитарного предприятия
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
(УНИИМ - филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)

СОГЛАСОВАНО

Директор УНИИМ - филиала
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



Е.П. Соби́на

» ноября 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

«ГСИ. Установка ПК-912»

Методика поверки

МП 60-233-2021

Екатеринбург
2021

Содержание

1	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	1
2	НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	1
3	ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	2
4	ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	2
5	ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	2
6	МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ 2	
7	ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	4
8	ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	4
9	ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	4
10	ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	5
11	ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	11
12	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	13
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	14
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	15
	ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	16

Государственная система обеспечения единства измерений
Установка ПК-912
Методика поверки

Дата введения - « ____ » _____ 2021 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на установку ПК-912 (далее - установка) производства АО «ЛОМО», Россия и устанавливает объем и последовательность операций первичной и периодической поверок. Поверка установки должна производиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

1.2 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость установки к ГЭТ 130-2019 «Государственному первичному специальному эталону единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности» или к ГЭТ 22-2014 «Государственному первичному эталону единицы плоского угла» согласно локальной поверочной схемы, приведенной в приложении В.

1.3 В настоящей методике поверки реализована поверка методом косвенных измерений.

1.4 Настоящая методика поверки применяется для поверки установки ПК-912, используемой в качестве рабочего эталона. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон фокусируемых расстояний, задаваемый установкой, м	от 0,5 до 30,0
Предел допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения визирной оси установки, мкм/м, не более	4

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

2.1 В настоящей методике использовались ссылки на следующие документы:

Приказ Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке»

Приказ Минпромторга России от 28.08.2020 г. № 2906 «Об утверждении порядка создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений»

Приказ Росстандарта от 29.12.2018 N 2840 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм»

Приказ Росстандарта от 15 марта 2021 г. № 314 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности»

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2018 г. № 2482 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений плоского угла»

ГОСТ 3749-77 Угольники поверочные 90°. Технические условия (с Изменениями N 1-4).

Примечание - При использовании настоящей методики целесообразно проверить действие ссылочных документов. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то раздел, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

3.1 При проведении первичной и периодической поверок установки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операций при		Номер пункта методики
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	8
Опробование	Да	Да	9
Проверка трубы визирной, входящей в состав установки	Да	Нет	10.1
Проверка изображений марок	Да	Нет	10.2
Проверка параллельности визирной оси установки геометрической оси посадочного места для труб визирных	Да	Нет	10.3
Проверка диапазона воспроизведения фокусируемых расстояний	Да	Нет	10.4
Определение абсолютной погрешности воспроизведения визирной оси установки	Да	Да	10.5

4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха, °С 20 ± 3 ;
- относительная влажность воздуха, %, не более 80;
- скорость изменения температуры, °С/час, не более 0,5;
- в помещении не должно быть пыли, вибраций (определяемых по стабильности показаний автоколлиматора или трубы визирной), паров кислот и щелочей.

5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

5.1 К проведению поверки допускаются лица, имеющие образование не ниже среднего технического, ознакомившиеся с эксплуатационной документацией на установку и средства поверки, работающие в организации, аккредитованной на право поверки средств измерений.

6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть использованы средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Раздел 9 Подготовка к поверке и опробование	Средство измерений температуры и относительной влажности с диапазонами измерений, охватывающими условия по п. 4	Термогигрометр электронный «CENTER» 313, рег. №22129-09

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Пункт 10.1.1 Проверка трубы визирной, входящей в состав установки	Микрометр окулярный МОВ-1-15 ^х по ГОСТ 7865-77	Микрометр окулярный винтовой МОВ-1-16 ^х , рег. № 436-81
	Микроскоп измерительный МИР-3	Микроскоп измерительный МИР-3, рег. № 10006-85
Пункт 10.1.3 Определение параллельности линии визирования трубы оси наружного цилиндра при установке шкалы дистанций на «∞»	Эталон единицы плоского угла 3-го разряда (автоколлиматор) предел абсолютной погрешности $\pm 0,5''$ в диапазоне измерений от 0 до 1'.	Автоколлиматор АК-0,25, рег. № 2091-65
Пункт 10.1.4 Определение перпендикулярности вертикальной линии симметрии биссекторов визирной марки в подставке (из комплекта трубы визирной) к опорной плоскости подставки	Микроскоп инструментальный, диапазон измерений длины не менее 150 мм, $\Delta \pm 5$ мкм.	Микроскоп инструментальный ИМЦ 150×50Б, рег. № 4184-83
	Металлический угольник УП КТ 2 по ГОСТ 3749.	Угольник поверочный 90°, слесарный плоский 2 класса точности типа УП, рег. № 5747-76)
Пункт 10.1.5 Проверка отсчетного устройства трубы визирной	Эталон единицы длины 3-го разряда по приказу Росстандарта № 2840 в диапазоне значений от 0 до 1 мм, мера штриховая, с ценой деления 0,1 мм.	Объект-микрометр ОМО, рег. № 590-63
Пункты 10.1.6, 10.1.7, 10.1.8 Проверка изменения положения оптической оси трубы визирной при повороте трубы визирной	Рабочий эталон длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности 2-го разряда по Приказу Росстандарта от 15 марта 2021 г. № 314	Государственный эталон единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности 2-го разряда в диапазоне значений от минус 100 до 100 мкм; рег. № 3.1.ZZC.0213.2015
Пункт 10.4 Проверка воспроизведения фокусируемых расстояний	Дальномер лазерный, диапазон измерений не менее 2 м, абсолютная погрешность измерений $\pm(1+0.025L)$ мм	Дальномер лазерный Leica DISTOTM D810 touch, рег. № 56285-14
Пункт 10.5 Определение абсолютной погрешности воспроизведения визирной оси установки с помощью автоколлиматора	Эталон единицы плоского угла 3-го разряда по приказу Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482 (автоколлиматор) предел абсолютной погрешности $\pm 0,5''$ в диапазоне измерений от 0 до 1'. Ромб зеркальный из состава установки.	Автоколлиматор АК-0,25 рег. № 2091-65

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

6.3 Эталоны, применяемые для поверки, должны быть поверены (аттестованы), средства измерений – поверены.

7 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

7.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на установку и на средства поверки.

8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие внешнего вида, комплектности установки требованиям описания типа и эксплуатационной документации на установку;
- на установку должна быть нанесена информация, содержащая: обозначение типа и заводской номер установки;
- на поверхности направляющих подвижной платформы с призмой ВкР-180° (далее-платформа с призмой) не должно быть царапин, коррозии и других механических повреждений, влияющих на эксплуатационные характеристики (проверяется при первичной поверке);
- шкала фокусируемых расстояний должна иметь следующие интервалы фокусировки: 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 20, 30, «∞» (проверяется при первичной поверке);
- платформа с призмой должна иметь индекс, указывающий фокусируемые расстояния (проверяется только при первичной поверке);
- рабочие поверхности оптических деталей установки не должны иметь царапин и пятен, которые могут повлиять на точность визирования (проверяется при первичной поверке).

8.2 Если установка не соответствует требованиям 8.1, её признают непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не проводят.

9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Перед проведением поверки средства поверки и поверяемая установка должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них и выдержаны на рабочем месте эксплуатации установки в условиях поверки не менее 4 ч.

9.2 Проводят контроль условий поверки с помощью термогигрометра в соответствии с таблицей 3.

9.3 При опробовании проверяют:

- подвижность платформы с призмой, возможность ее перемещения с помощью специальной ручки, движение платформы с призмой должны быть плавным, без заметных рывков, скачков и заеданий;
- включение и выключение лампочки осветительного устройства, возможность получения резкого изображения марок установки в диапазоне фокусировки трубы визирной, установка марок должны осуществляться без заеданий, рывков и заклинивания. При этом фокусировка не должна изменяться;
- разворот клиньев компенсатора с помощью специального маховика механизма разворота, движение маховика механизма разворота клиньев компенсатора при отжатом цанговом зажиме должны быть плавным, без заметных рывков, скачков и заеданий; при вращении маховика изображение марки должно плавно перемещаться.

9.4 Если установка не соответствует требованиям 9.3, её признают непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не проводят.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Проверка трубы визирной, входящей в состав установки (далее-труба визирная)

10.1.1 Проверку эксцентриситета центра марки авторефлектора относительно оси наружного цилиндра трубы визирной производить следующим образом:

- установить поверяемую трубу визирную на специальную призму с упором;
- установить микроскоп МИР-3 (далее-микроскоп) с окуляр -микрометром МОВ-1-15^x (далее МОВ-1-15^x) напротив объектива трубы визирной на специальной подставке;
- наблюдая в МОВ-1-15^x, сфокусировать микроскоп на сетку авторефлектора трубы визирной;
- совместить перекрестие сетки МОВ-1-15^x с изображением сетки авторефлектора трубы визирной. Поворотом отсчетного барабана МОВ-1-15^x произвести не менее трех совмещений перекрестия сетки МОВ-1-15^x с изображением сетки авторефлектора трубы визирной. Вычислить среднее арифметическое значение из трех наблюдений;
- развернуть трубу визирную на 180° вокруг ее оси и произвести три аналогичных измерения, вычислив среднее арифметическое значение;
- разность между средними арифметическими значениями дает удвоенное значение смещения центра сетки авторефлектора трубы визирной по данному направлению. Полученное значение не должно превышать 0,04 мм;
- развернуть трубу визирную на 90° и повторить измерения по выше описанной методике в перпендикулярном направлении. Полученное значение не должно превышать 0,04 мм.

10.1.2 Определение совпадения линии визирования трубы с осью ее наружного цилиндра

Для проверки совпадения линии визирования с осью наружного цилиндра установить визирную марку с биссекторами (далее-визирная марка), входящую в комплект трубы визирной, перед объективом трубы визирной, на расстояние (100 ± 5) мм. Измерительные барабаны трубы визирной установить на отсчет «1,00», наблюдая в окуляр трубы визирной, совместить при помощи винтов регулируемой подставки, на которой расположена визирная марка, изображение линий симметрии биссекторов визирной марки с изображением перекрестия сетки трубы визирной. Развернуть трубу визирную на 180° вокруг своей оси и при помощи барабанов отсчетного устройства измерить смещение изображения линии симметрии визирной марки относительно изображения перекрестия сетки трубы визирной. Произвести данную проверку не менее трех раз, затем вычислить среднее арифметическое значение полученных отсчетов.

Параллельное смещение линии визирования относительно оси наружного цилиндра трубы визирной определить по формуле

$$l_{xy} = \frac{\sqrt{\bar{l}_x^2 + \bar{l}_y^2}}{2}, \quad (1)$$

где l_{xy} - параллельное смещение линии визирования относительно оси наружного цилиндра трубы визирной, мкм;

$\bar{l}_y$ ($\bar{l}_x$) - среднее арифметическое значение смещения в вертикальном (горизонтальном) направлении, мкм.

Полученное значение не должно превышать 0,01 мм.

10.1.3 Определение параллельности линии визирования трубы оси наружного цилиндра при установке шкалы дистанций на «∞»

Установить поверяемую трубу визирную на специальную призму с упором

Для проверки параллельности линии визирования трубы визирной оси наружного цилиндра при установке шкалы дистанций на «∞» установить визирную трубу, сфокусированную на «∞», с включенной подсветкой на специальную призму с упором. Установить автоколлиматор напротив

объектива трубы визирной. Установить отсчетную шкалу автоколлиматора на средний отсчет. Совместить сетку трубы визирной с сеткой автоколлиматора, развернув трубу визирную в приспособлении вокруг оптической оси и выставив параллельно сетку трубы визирной сетке автоколлиматора.

Произвести не менее трех совмещений перекрестия сетки автоколлиматора с изображением перекрестия сетки трубы визирной. Вычислить среднее арифметическое значение из трех наблюдений. Повернуть трубу визирную на 180° вокруг ее оси и снова произвести аналогичные измерения. Разность между средними арифметическими значениями при первом и втором положениях трубы визирной дает значение угла отклонения линии визирования трубы визирной по одному направлению.

Затем повернуть трубу визирную на 90° и произвести аналогичные измерения, что даст значение угла отклонения линии визирования трубы визирной по направлению, перпендикулярному первому. Вычислить отклонение линии визирования относительно оси наружного цилиндра трубы визирной по формуле

$$\alpha_{xy} = \frac{\sqrt{\bar{\alpha}_x^2 + \bar{\alpha}_y^2}}{2}, \quad (2)$$

где α_{xy} - отклонение линии визирования относительно оси наружного цилиндра трубы визирной, в секундах плоского угла;

$\bar{\alpha}_y$ ($\bar{\alpha}_x$)- среднее арифметическое значение отклонения в вертикальном (горизонтальном) направлении, в секундах плоского угла.

Полученный результат не должен превышать $4,5''$.

10.1.4 Определение перпендикулярности вертикальной линии симметрии биссекторов визирной марки в подставке (из комплекта трубы визирной) к опорной плоскости подставки

Проверку производить на микроскопе инструментальном.

Установить вспомогательный угольник на стол микроскопа.

Установить визирную марку в подставке (при снятом осветителе марки) на угольник УП (далее-угольник) в горизонтальное положение. Прижать опорную плоскость подставки к вертикальной базовой плоскости угольника. Выставить угольник с прижатой к нему подставкой так, чтобы середина визирной марки совпадала с осью осветительного устройства микроскопа. Закрепить угольник. Настроить микроскоп на линию контура острого ребра угольника. Установить отсчет $0^\circ 00' 00''$ на лимбе угломерной головки микроскопа.

Разворотом угольника вместе с визирной маркой выставить угольник так, чтобы при перемещении поперечной измерительной каретки микроскопа центральный вертикальный штрих сетки угломерной головки строго совпадал с изображением линии контура острого ребра угольника. Сделать не менее трех наводок, вращая сетку до совпадения вертикального штриха с линией контура острого ребра угольника. Вычислить среднее арифметическое значение.

Перемещая продольную и поперечную измерительные каретки, установить и сфокусировать микроскоп на визирную марку. Вращая сетку угломерной головки, точно совместить центральный вертикальный штрих сетки с линией симметрии изображения биссекторов визирной марки. Сделать не менее трех наводок, вращая сетку до совпадения вертикального штриха с линией симметрии. Вычислить среднее арифметическое значение.

Разность между средними арифметическими значениями отсчетов не должна превышать $10'$ с учетом отклонения от перпендикулярности осей симметрии визирной марки.

10.1.5 Проверка отсчетного устройства трубы визирной

Проверку производить с помощью эталона единицы длины 3-го разряда - меры длины штриховой (далее меры), которую необходимо установить перед трубой визирной на расстоянии (100 ± 5) мм от торца трубы визирной.

Установить перпендикулярное направление линии визирования к мере при помощи регулировочных винтов установочного устройства до установки одинаково резкого изображения крайних штрихов образцовой шкалы в поле зрения окуляра.

Достигнуть параллельности направлению измерения разворотом трубы визирной вдоль своей оси при помощи специального регулировочного винта установочного устройства.

Определение систематического сдвига результатов измерений отсчетным устройством производить следующим образом:

Установить барабан отсчетного устройства на условный «0», соответствующий середине рабочего диапазона отсчетного устройства.

Совместить вертикальный штрих сетки трубы визирной с одним из оцифрованных штрихов меры, условно принимаемым за «нулевой».

Произвести не менее пяти раз аналогичные совмещения при помощи барабана отсчетного устройства и снять по нему отсчеты, а затем вычислить среднее арифметическое значение полученных отсчетов.

Совмещая при помощи барабана отсчетного устройства вертикальный штрих сетки со штрихами эталонной шкалы, отстоящий от «нулевого» на расстояния 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 мм. В каждом случае произвести не менее пяти совмещений и вычислить среднее арифметическое значение отсчетов. Вычесть из них среднее арифметическое значение отсчета на «нулевом» штрихе. Вычислить отклонения полученных значений. При одинаковых знаках отклонений сравнивают со значением допуска наибольшие по абсолютному значению отклонения, при разных знаках – наибольшую алгебраическую разность отклонений. Полученные значения должны находиться в диапазоне 5 мкм.

Аналогичную проверку произвести с помощью второго барабана отсчетного устройства, повернув трубу на 90° вокруг ее оси.

10.1.6 Проверка изменения положения оптической оси трубы визирной при повороте трубы визирной

10.1.6.1 Труба визирная помещается в установочное устройство, которое устанавливается на краю рабочего эталона. Устанавливают визирную марку перед проверяемой трубой визирной. В соответствии с эксплуатационной документацией проводят измерение отклонений от базовой прямой поверхности инструментального блока на расстояниях 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5, 5 м. Затем разворачивают трубу визирную на 180° вокруг ее оси и повторяют измерения отклонений от базовой прямой поверхности инструментального блока, помещая марку в те же точки.

Разность полученных отклонений от прямой по модулю в каждой проверяемой точке не должна превышать 5 мкм.

10.1.6.2 Повторить п. 10.1.6.1 с помощью отсчетного устройства второго барабана, повернув трубу вокруг ее оси на 90° и 270°.

10.1.7 Проверка стабильности положения оптической оси трубы визирной во времени

Проверка стабильности положения оптической оси трубы визирной во времени производится на рабочем эталоне. Труба визирная помещается в установочное устройство, которое ставится на краю рабочего эталона. Устанавливают визирную марку перед проверяемой трубой визирной. В соответствии с эксплуатационной документацией проводят измерение отклонений от базовой прямой поверхности инструментального блока на расстояниях 2,5 и 5 м. Снимают по 10 отсчетов каждым барабаном отсчетного устройства. Через 30 минут повторяют процесс снятия отсчетов, размещая марку на расстояниях 2,5 и 5 м.

Среднее арифметическое значение отсчетов по каждому барабану отсчетного устройства в каждой проверяемой точке через 30 минут не должно отличаться от первого более чем на 2 мкм.

10.1.8 Определение повторяемости результатов измерений отсчетным устройством трубы визирной

Установить трубу визирную на подставку установки в положение, при котором фокусирующий барабан трубы визирной займет положение влево вверх (относительно окуляра трубы визирной). Установить марку с концентрическими окружностями установки.

Включить подсветку марки; последовательно установить подвижную платформу с подвижной призмой в положение, соответствующее 1, 10 и 30 м по шкале расстояний установки; в каждом положении сфокусировать трубу визирную на резкость изображения марки.

Выставить трубу визирную так, чтобы визуально не был замечен наклон изображения марки относительно вертикального штриха сетки трубы визирной. Зажать трубу визирную с помощью прижимного устройства подставки. При помощи разворота оптического клина установки совместить изображение линии симметрии марки с вертикальным штрихом сетки трубы. Закрепить оптический клин. Произвести при помощи барабанов отсчетного устройства «х» десять отсчетов, x_i , сбывая и снова устанавливая вертикальную линию перекрестия в середину биссекторов. С помощью оптического клина установить горизонтальную линию перекрестия в середину горизонтальных биссекторов. Повторить снятие отсчетов, y_i , с помощью барабана отсчетного устройства «у». Для каждого барабана отсчетного устройства вычислить стандартные отклонения повторяемости, S_x и S_y результатов измерений по формулам:

$$S_x = \frac{1}{L} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} \left(x_i - \frac{\sum_{i=1}^{10} x_i}{10} \right)^2}{9}}; \quad (3)$$

$$S_y = \frac{1}{L} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} \left(y_i - \frac{\sum_{i=1}^{10} y_i}{10} \right)^2}{9}}; \quad (4)$$

где S_x - стандартное отклонение повторяемости результатов измерений с помощью барабана отсчетного устройства «х», мкм;

x_i - i - й отсчет по барабану отсчетного устройства «х», мкм;

S_y - стандартное отклонение повторяемости результатов измерений с помощью барабана отсчетного устройства «у», мкм;

y_i - i - й отсчет по барабану отсчетного устройства «у», мкм;

L - расстояние до марки по шкале расстояний в метрах.

Значения стандартных отклонений повторяемости, S_x и S_y не должны превышать $2 \cdot L$ мкм, где L - расстояние до марки по шкале расстояний в метрах.

10.2 Проверка изображений марок

Проверку отклонений от вертикального положения линий соответствующих штрихов марок установки проводят при фиксированном положении диска для каждой марки наблюдением разворота, марок через окуляр трубы визирной, установленной в посадочное место. При положении трубы визирной, при котором один из штрихов сетки нитей трубы визирной расположен вертикально, а другой горизонтально (определятся визуально), убеждаются, что соответствующие линии изображений геометрических фигур марок располагаются без заметного наклона.

Для проверки изображений марок трубу визирную устанавливают в посадочное место установки. Включают марку №3 (с сеткой нитей в виде взаимоперпендикулярных биссекторов) установки. Устанавливая последовательно подвижную призму на 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 10; 20 и 30 м по шкале дистанций, вращением рукоятки производят фокусировку трубы визирной на марку №3 установки. Наблюдают в окуляр трубы визирной. Убеждаются, что изображение марки резкое и не имеет размытий. Последовательно включают марку №1 установки (с концентрическими окружностями), марку №2 установки (с квадратными фигурами) и производят аналогичную проверку.

Проверку совпадения центра геометрических фигур марок с визирной осью установки проводят следующим образом:

- трубу визирную устанавливают в посадочное место установки и закрепляют ее;
- включают марку №3 установки;
- устанавливают подвижную платформу с призмой в положение, соответствующее 0,5 м по шкале дистанций установки;
- фокусируют трубу визирную на резкое изображение марки №3;
- поворотом рукоятки устанавливают клинья в положение плоскопараллельной пластинки;

г) поворачивают соответствующие измерительные барабаны трубы визирной до точного совмещения сетки нитей трубы визирной со средней линией биссекторов марки.

Убеждаются в том, что отсчеты по шкалам измерительных барабанов не превышают 0,2 мм.

10.3 Проверка параллельности визирной оси установки геометрической оси посадочного места для труб визирных

Проверку параллельности визирной оси установки геометрической оси посадочного места для труб визирных проводят следующим образом:

- а) трубу визирную устанавливают в посадочное место установки и закрепляют;
- б) включают марку №3 установки. Устанавливают подвижную призму в положение, соответствующее 30 м по шкале дистанций;
- в) фокусируют трубу визирную на резкое изображение марки №3;
- г) поворотом маховика механизма разворота клиньев компенсатора, совмещают изображение марки с сеткой нитей трубы визирной.

Маховик механизма разворота клиньев компенсатора должен обеспечивать совмещение изображения марки с сеткой нитей трубы визирной.

Размер несовпадения не должен превышать двух толщин нитей сетки трубы визирной.

10.4 Проверка воспроизведения фокусируемых расстояний

10.4.1 Для проверки воспроизведения фокусируемых расстояний используют марку с концентрическими окружностями из состава трубы визирной. Для этого устанавливая марку последовательно на расстояния, соответствующие требуемым дистанциям: 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 10; 20 и 30 м от торца трубы визирной, проводят фокусировку трубы визирной на марку. При этом на фокусирующий барабан трубы визирной наносить карандашом риски для каждой дистанции.

10.4.2 Таким же образом по обе стороны от основной риски наносят риски, соответствующие допускаемым отклонениям дистанции $\pm 5\%$. Измерение расстояний от торца трубы до марки производить с помощью рулетки измерительной.

10.4.3 Затем трубу визирную устанавливают в посадочное место установки. Включить марку №3 установки. Рукояткой (перемещения призмы БкР-180°) проводят поочередную установку призмы по шкале дистанций на указанные дистанции, совмещая индекс с числовыми отметками шкалы. Одновременно с этим, наблюдая в окуляр трубы визирной, поворачивают фокусирующий барабан трубы визирной до получения резкого изображения марки №3 в поле зрения трубы для каждой устанавливаемой дистанции. Если изображение марки №3 не резко для установленной дистанции, то поворотом барабана фокусировки трубы визирной получить резкое изображение марки.

10.4.4 Положение индекса фокусирующего барабана трубы визирной должен находиться в пределах карандашных рисок, определяющих допускаемые значения отклонений для каждой дистанции.

10.5 Определение абсолютной погрешности воспроизведения визирной оси установки ПК-912

Отклонение положения визирной оси установки возможно оценить одним из двух способов:

- с помощью трубы визирной из состава установки;
- с помощью автоколлиматора.

10.5.1 Определение абсолютной погрешности воспроизведения визирной оси установки с помощью трубы визирной.

10.5.1.1 При использовании данного способа определения абсолютной погрешности воспроизведения визирной оси установки при периодической поверке проверки по пункту 10.1 настоящей методики являются обязательными.

10.5.1.2 Определение отклонений углового положения визирной оси установки производится с помощью трубы визирной, входящей в состав установки, установленной в посадочное место

установки согласно приложения А. Устанавливают подвижную платформу с призмой в положение, соответствующее 30 м по шкале расстояний установки, фокусируют трубу на резкость изображения марки. Разворачивают трубу визирную так, чтобы вертикальная линия сетки нитей была параллельна вертикальным биссекторам сетки марки. Закрепляют трубу прижимным устройством. Измерительные барабаны трубы визирной устанавливают на отсчет «1». С помощью оптического клина установки выставляют вертикальную линию перекрестия трубы визирной в середину биссекторов марки. Устанавливают подвижную платформу с призмой в положение, соответствующее 0,5 м по шкале расстояний установки, фокусируют трубу на резкость изображения марки установки. С помощью барабанов отсчетного устройства трубы выставляют вертикальную линию перекрестия трубы визирной в середину биссекторов марки. Повторяют установку в положениях призмы 30 и 0,5 м по шкале расстояний установки до приведения линии визирования в положение, параллельное визирной оси установки. Устанавливают подвижную платформу с призмой (призма ВкР-180°) последовательно в положения 30, 20, 10, 5, 3, 1 и 0,5 м по шкале расстояний установки, фокусируя трубу визирную на резкость изображения марки, и в каждом положении производят по 10, 10, 10, 7, 7, 5, и 5 (для соответствующего выше указанного расстояния) наводок, производя отсчеты барабаном отсчетного устройства «х». Вычислить среднее арифметическое значений x_i для каждой проверяемой точки, $\bar{x}_i$, мкм. Все показания записать в таблицу 3.

10.5.1.3 Освобождают зажим трубы визирной и поворачивают ее вокруг ее оси по часовой стрелке (смотреть со стороны окуляра трубы) на угол 90°, 180°, 270°. В каждом положении трубы визирной повторяют операции 10.5.2.2, работая барабаном отсчетного устройства «у», «х» и «у» (соответственно вышеназванным положениям трубы) и производя отсчеты барабаном отсчетного устройства.

10.5.1.4 Цикл измерений, описанные в 10.5.2.2-10.5.2.3 повторяют пять раз.

10.5.2 Определение абсолютной погрешности воспроизведения визирной оси установки с помощью автоколлиматора

10.5.2.1 Устанавливают подвижную платформу с призмой в положение 0,5 м по шкале расстояний установки. Устанавливают автоколлиматор перед ромбом (смотри приложение Б). Визирная ось автоколлиматора должна быть на одной высоте с осью ромба. Разворотом автоколлиматора совмещают изображение автоколлимационной марки со средним делением минутной шкалы. Снимают отсчет по автоколлиматору. Выполняют три наведения, вычисляют среднеарифметическое результатов измерений. Полученное значение принимают за нулевое, $\beta_{0,5kx}$ ($\beta_{0,5ky}$), ...". При наблюдении в окуляр автоколлиматора можно увидеть до 3-х автоколлимационных изображений марки, обусловленные отражением светового луча от граней подвижной призмы, измерения следует проводить с наиболее ярким и четким, игнорируя остальные. Для проверки правильности выбора изображения марки следует прервать луч, проходящий на участке между призмой и зеркалом. (перекрыв его непрозрачным экраном). Необходимое для измерения изображение марки должно исчезнуть.

10.5.2.2 Устанавливают подвижную платформу с призмой (призма ВкР-180°) последовательно в положения 30, 20, 10, 5, 3, 1 и 0,5 м по шкале расстояний установки и в каждом положении производят наведение, производя отсчеты барабаном отсчетного устройства по осям «х» и «у». Измерения повторяют трижды.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Определение отклонений положения визирной оси установки с помощью трубы визирной.

11.1.1 По результатам измерений 10.5.2 вычисление отклонений оптической оси установки производится для каждого расстояния. Вычитают из каждого значения $\bar{x}_i$ и $\bar{y}_i$ соответствующие

этому положению трубы визирной значения $\bar{x}_1$ и $\bar{y}_1$ (при 30 м). Обработывают результаты измерений по каждой координате в соответствии с таблицей 4 для каждого положения трубы визирной.

Таблица 4 – Обработка исходных результатов измерений

Номер точки, i	Среднее значение отсчета, $\bar{x}_i' (\bar{y}_i')$	Среднее значение отсчета, скорректированные на показания $\bar{x}_1 (\bar{y}_1)$, $\bar{x}_i (\bar{y}_i) = \bar{x}_i' (\bar{y}_i') - \bar{x}_1' (\bar{y}_1')$	Расстояние, a_i , м	$\delta_i = \frac{\bar{x}_7 (\bar{y}_7)}{29,5} (29,5 - a_i + 0,5)$	$\bar{x}_i^{\text{прив}} = \bar{x}_i - \delta_i$ $\bar{y}_i^{\text{прив}} = \bar{y}_i - \delta_i$
1	$\bar{x}_1' (\bar{y}_1')$	0	30	0	0
2	$\bar{x}_2' (\bar{y}_2')$	$\bar{x}_2 (\bar{y}_2)$	20	$\frac{\bar{x}_7 (\bar{y}_7)}{29,5} \cdot 10$	$\bar{x}_2 (\bar{y}_2) - \delta_2$
3	$\bar{x}_3' (\bar{y}_3')$	$\bar{x}_3 (\bar{y}_3)$	10	$\frac{\bar{x}_7 (\bar{y}_7)}{29,5} \cdot 20$	$\bar{x}_3 (\bar{y}_3) - \delta_3$
4	$\bar{x}_4' (\bar{y}_4')$	$\bar{x}_4 (\bar{y}_4)$	5	$\frac{\bar{x}_7 (\bar{y}_7)}{29,5} \cdot 25$	$\bar{x}_4 (\bar{y}_4) - \delta_4$
5	$\bar{x}_5' (\bar{y}_5')$	$\bar{x}_5 (\bar{y}_5)$	3	$\frac{\bar{x}_7 (\bar{y}_7)}{29,5} \cdot 27$	$\bar{x}_5 (\bar{y}_5) - \delta_5$
6	$\bar{x}_6' (\bar{y}_6')$	$\bar{x}_6 (\bar{y}_6)$	1	$\frac{\bar{x}_7 (\bar{y}_7)}{29,5} \cdot 29$	$\bar{x}_6 (\bar{y}_6) - \delta_6$
7	$\bar{x}_7' (\bar{y}_7')$	$\bar{x}_7 (\bar{y}_7)$	0,5	$\frac{\bar{x}_7 (\bar{y}_7)}{29,5} \cdot 29,5$	$\bar{x}_7 (\bar{y}_7) - \delta_7$

11.1.2 Отклонение визирной оси установки для каждой проверяемой точки каждого цикла измерений по координатам x , y , вычисляют по формулам:

$$\bar{x}_{ik}^{\text{откл}} = \frac{\bar{x}_{ik}^{\text{прив}}(0^\circ) - \bar{x}_{ik}^{\text{прив}}(180^\circ) + \bar{y}_{ik}^{\text{прив}}(270^\circ) - \bar{y}_{ik}^{\text{прив}}(90^\circ)}{4}; \quad (5)$$

$$\bar{y}_{ik}^{\text{откл}} = \frac{\bar{y}_{ik}^{\text{прив}}(0^\circ) - \bar{y}_{ik}^{\text{прив}}(180^\circ) + \bar{x}_{ik}^{\text{прив}}(270^\circ) - \bar{x}_{ik}^{\text{прив}}(90^\circ)}{4}; \quad (6)$$

где $\bar{x}_{ik}^{\text{откл}}$ отклонение оптической оси установки от прямой, соединяющей крайние точки профиля для i -ой проверяемой точки, полученное при k -ом цикле измерений по координате x , мкм;

$\bar{x}_{ik}^{\text{прив}}(0^\circ)$, $\bar{x}_{ik}^{\text{прив}}(90^\circ)$, $\bar{x}_{ik}^{\text{прив}}(180^\circ)$, $\bar{x}_{ik}^{\text{прив}}(270^\circ)$, отклонения оптической оси установки от прямой, соединяющей крайние точки профиля для i -ой проверяемой точки, полученное при k -ом цикле измерений по координате x при повороте трубы визирной относительно продольной оси на, соответственно, 0° , 90° , 180° , 270° относительно первоначального, мкм;

$\bar{y}_{ik}^{\text{откл}}$ - отклонение оптической оси установки от прямой, соединяющей крайние точки профиля для i -ой проверяемой точки, полученное при k -ом цикле измерений по координате y , мкм;

$\bar{y}_{ik}^{\text{прив}}(0^\circ)$, $\bar{y}_{ik}^{\text{прив}}(90^\circ)$, $\bar{y}_{ik}^{\text{прив}}(180^\circ)$, $\bar{y}_{ik}^{\text{прив}}(270^\circ)$, отклонения оптической оси установки от прямой, соединяющей крайние точки профиля для i -ой проверяемой точки, полученное при k -ом цикле измерений по координате y при повороте трубы визирной относительно продольной оси на, соответственно, 0° , 90° , 180° , 270° относительно первоначального, мкм;

k – номер цикла измерений;

i – номер проверяемой точки.

11.1.3 Отклонение визирной оси установки для каждой проверяемой точки, для каждого цикла измерений вычисляют по формуле

$$\varphi_{ik} = \sqrt{(\bar{x}_{ik}^{\text{откл}})^2 + (\bar{y}_{ik}^{\text{откл}})^2}, \quad (7)$$

где φ_{ik} – отклонение оптической оси установки от прямой, соединяющей крайние точки профиля для i -ой проверяемой точки, полученное при k -ом цикле измерений, мкм;

$\overline{x}_{ik}^{\text{откл}}$ отклонение оптической оси установки от прямой, соединяющей крайние точки профиля для i -ой проверяемой точки, полученное при k -ом цикле измерений по координате x , мкм;

$\overline{y}_{ik}^{\text{откл}}$ - отклонение оптической оси прибора от прямой, соединяющей крайние точки профиля для i -ой проверяемой точки, полученное при k -ом цикле измерений по координате y , мкм.

11.1.4 Для каждой точки вычисляют абсолютную погрешность воспроизведения визирной оси установки, как среднее арифметическое отклонений оптической оси установки для каждого цикла измерений

$$\varphi_i = \frac{\sum_{k=1}^5 \varphi_{ik}}{5 \cdot a_i}, \quad (8)$$

где φ_i - абсолютная погрешность воспроизведения визирной оси установки для i -ой проверяемой точки, мкм;

φ_{ik} - отклонение оптической оси установки от прямой, соединяющей крайние точки профиля для i -ой проверяемой точки, полученное при k -ом цикле измерений, мкм;

a_i - положение платформы с призмой (призма ВкР-180°) по шкале расстояний установки, м.

11.2 Определение абсолютной погрешности воспроизведения визирной оси установки с помощью автоколлиматора

11.2.1 По результатам измерений 10.5.3 для каждого расстояния вычисляют абсолютную погрешность воспроизведения визирной оси установки по формуле

$$\varphi_i = 4,848 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sum_{k=1}^3 (\beta_{ikx} - \beta_{0,5kx})}{3}\right)^2 + \left(\frac{\sum_{k=1}^3 (\beta_{iky} - \beta_{0,5ky})}{3}\right)^2}, \quad (9)$$

где φ_i - абсолютная погрешность воспроизведения визирной оси установки для i -ой проверяемой точки, мкм/м;

β_{ikx} (β_{iky}) - отклонение оптической оси установки для i -ой проверяемой точки по оси x (y), полученное при k -ом цикле измерений, в секундах плоского угла;

$\beta_{0,5kx}$ ($\beta_{0,5ky}$) - отклонение оптической оси установки для проверяемой точки, соответствующей отметке 0,5, принятое за нулевое, по оси x (y), полученное при k -ом цикле измерений, в секундах плоского угла;

4,848 - коэффициент перевода секунд плоского угла в микрометры на метры.

11.3 Абсолютная погрешность воспроизведения визирной оси установки ПК-912 не должна превышать 4 мкм/м.

11.4 По результатам поверки Установка ПК-912 допускается к применению в качестве рабочего эталона в случае соответствия требованиям утвержденной локальной поверочной схемы для средств измерений длины в области измерений отклонений от прямолинейности.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 По результатам поверки оформляется протокол поверки произвольной формы.

12.2 Положительные результаты поверки установки оформляются согласно Приказу Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» для средств измерений, применяемых в качестве эталона единицы величины, или действующим на момент проведения поверки нормативно-правовыми актам в области обеспечения единства измерений для средств измерений, применяемых в качестве эталона единицы величины.

12.3 Отрицательные результаты поверки установки оформляются согласно Приказу Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» или действующим на момент проведения поверки нормативно-правовыми актам в области обеспечения единства измерений.

12.4 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Приказом Минпромторга России от 28.08.2020 г. № 2906 «Об утверждении порядка создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений» или действующими на момент проведения поверки нормативно-правовыми актами в области обеспечения единства измерений..

И.о. зав. лабораторией 233 УНИИМ - филиала
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



Л.А. Трибушевская

Старший инженер лаборатории 233
УНИИМ - филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



Л.Г. Добренчикова

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

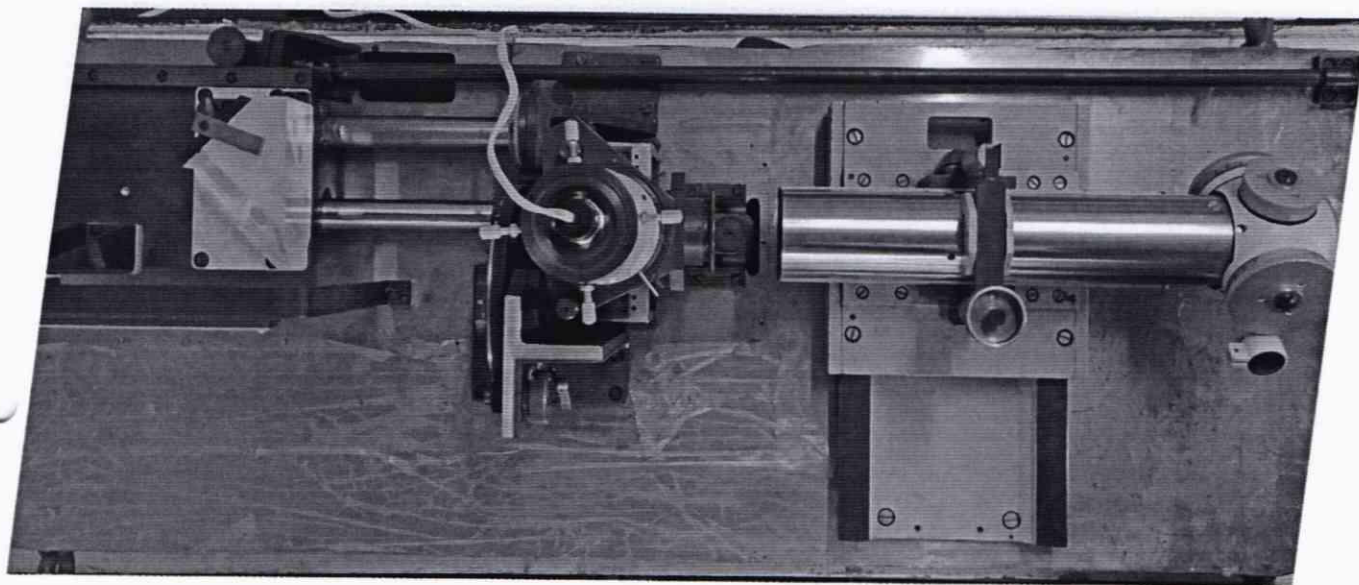
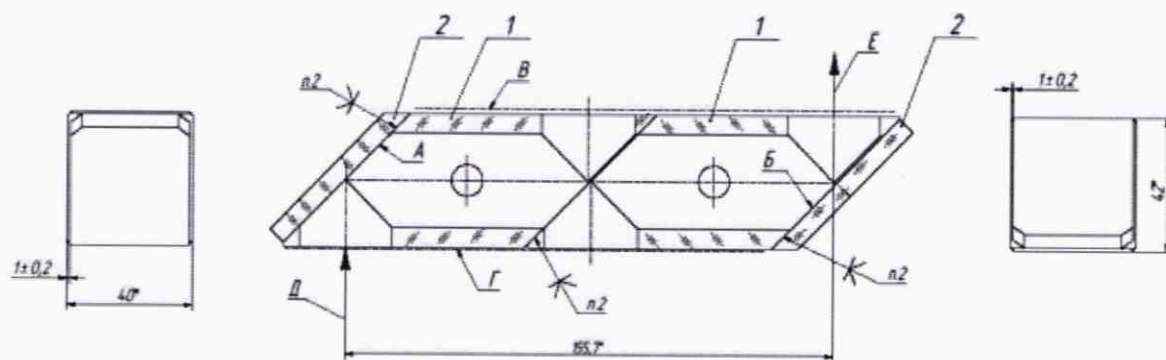


Рисунок А.1 – Установка трубы визирной на установке ПК-912 (кожух не показан)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное)



1 * Размеры для справок

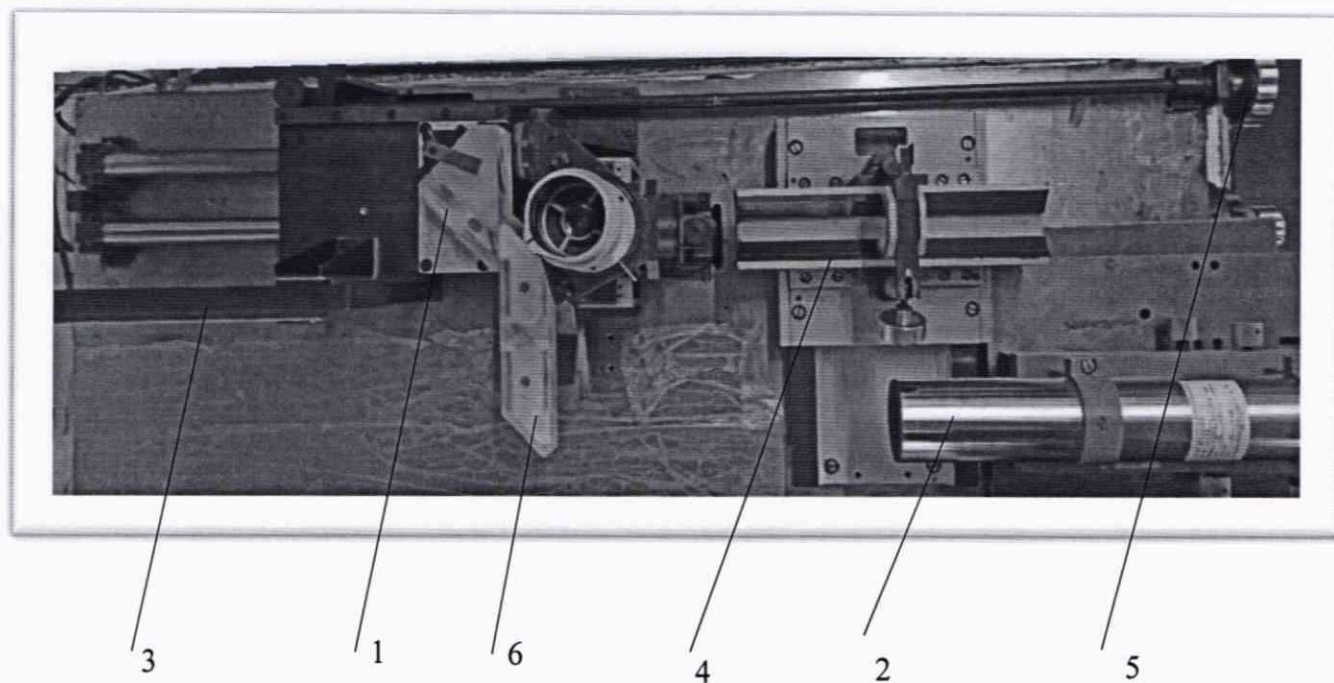
2 Клей ОК-72ФТ5 ОСТ3-6894-97

Допускается следы клея по контуру отб. на расстоянии $1,0,5 \times 0,1$ мм от края

3 Не допускается выступание дет. паз 2 за паверин В, Г дет. паз 1

4 Допуск параллельности лучей Д и Е 20"

Рисунок Б.1 – Ромб зеркальный

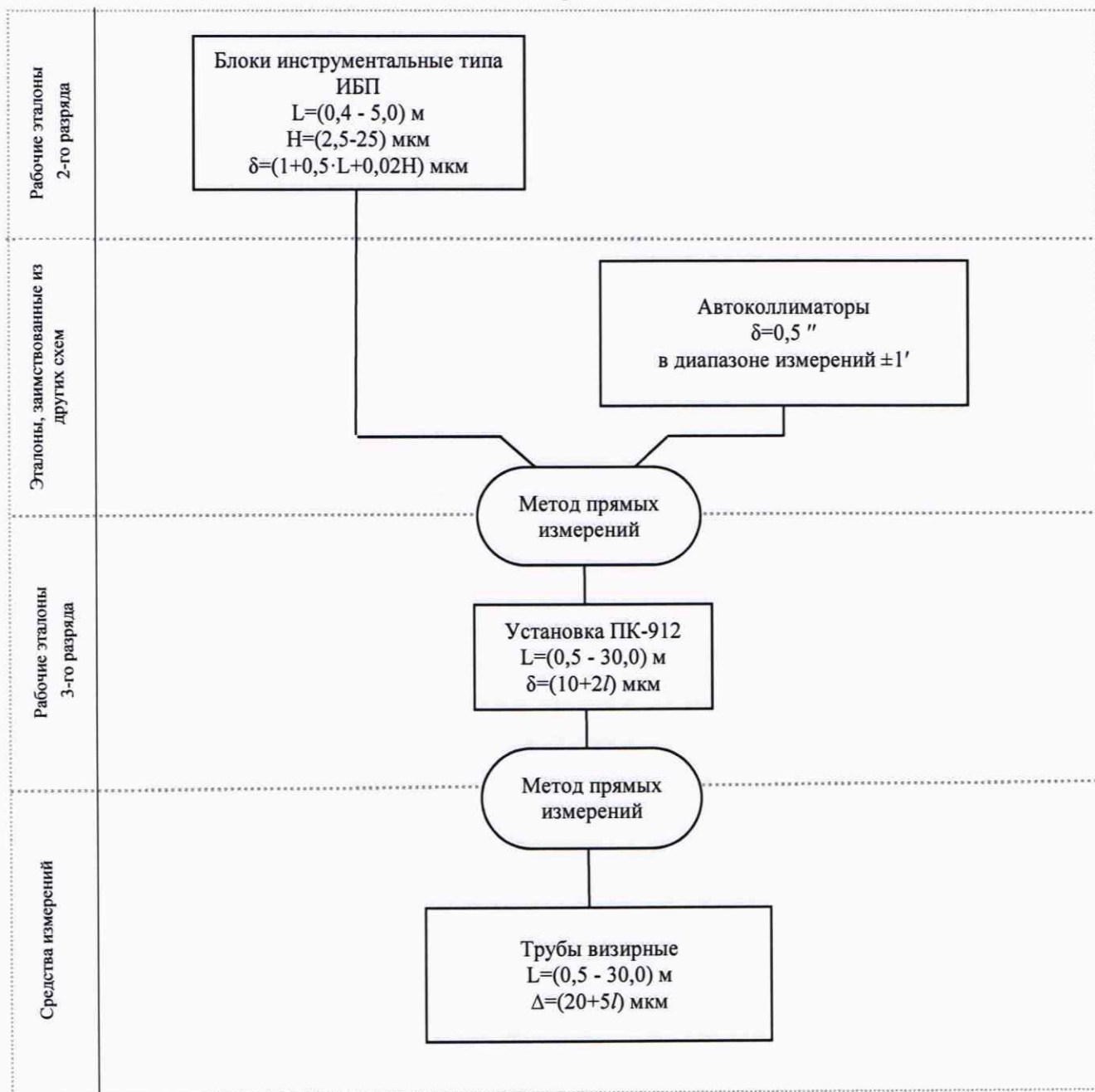


1 - призма ВкР-180°, 2 – автоколлиматор, 3 – шкала расстояний,
4 – посадочное место для труб визирных, 5 – рукоятка установки расстояний, 6 - ромб зеркальный.

Рисунок Б.2 – Установка автоколлиматора на установке ПК-912 (кожух не показан)

ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное)

Структура локальной поверочной схемы для средств измерений длины в области измерений отклонений от прямолинейности



17