

**Федеральное автономное учреждение  
«Центральный аэрогидродинамический институт  
имени профессора Н.Е. Жуковского»  
ФАУ «ЦАГИ»**

СОГЛАСОВАНО

Начальник отделения измерительной  
техники и метрологии,  
главный метролог ФАУ «ЦАГИ»

 В.В. Петров

2022 г.



**Государственная система обеспечения единства измерений**

**Установка для калибровки видеограмметрических систем УВГМ-80**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

**МП 4.27.028-2022**

Заместитель начальника НИО-7


А.И. Самойленко

Начальник сектора №3 НИО-7

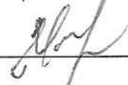
С.В. Дыцков

Разработчики:

Начальник сектора № 4 НИО-7,  
метролог-эксперт

 О.В. Довыденко

Ведущий инженер сектора № 4 НИО-7,

 О.В. Мотова

г. Жуковский  
2022 г.

## 1 Область применения

Настоящий документ распространяется на установку для калибровки видеограмметрических систем УВГМ-80 (заводской номер 001) (далее – установка) и устанавливает методику её первичной и периодической поверки.

## 2 Термины и определения

В настоящей методике поверки используются термины с соответствующими определениями, приведенные в Федеральном законе [1].

## 3 Общие положения

3.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки установки, используемой в качестве рабочего эталона в соответствии с локальной поверочной схемой [2], и передачи ей единицы длины методом прямых измерений. Структурная схема локальной поверочной схемы приведена в приложении А.

3.2 Прослеживаемость установки обеспечивается к государственному первичному эталону единицы длины ГЭТ 2-2021 [3].

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

Таблица 1 – Метрологические характеристики

| Наименование характеристики                                                                                                                                                                   | Значение                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Номинальная длина шкалы маркерной меры, мм, в направлении оси:<br>- ОХ<br>- ОУ                                                                                                                | 900<br>700                                                      |
| Допускаемое отклонение от индивидуальных значений <sup>1)</sup> расстояния между началом шкалы и центром любой маркерной метки в направлении осей ОХ и ОУ при температуре 20 °С, мм           | $\pm 0,1$                                                       |
| Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения длины в направлении осей ОХ и ОУ в начальном положении маркерной меры (в отсутствии перемещения в направлении оси ОZ), мм | $\pm 0,25^{2)}$                                                 |
| Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности воспроизведения длины в направлении оси ОХ для любой маркерной метки при перемещении маркерной меры в направлении оси ОZ, мм        | $\pm (0,2 + 0,0012 \cdot Y_i)^{3)}$                             |
| Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности воспроизведения длины в направлении оси ОУ для любой маркерной метки при перемещении маркерной меры в направлении оси ОZ, мм        | $\pm (0,0012 \cdot  X_i - 450  + 0,0026 \cdot  L_z )^{4)}, 5)}$ |
| Допускаемое смещение нуля шкалы маркерной меры в направлении оси ОZ, мм                                                                                                                       | $\pm 2$                                                         |
| Диапазон воспроизведения перемещения маркерной меры в направлении оси ОZ, мм                                                                                                                  | от 1 до 600                                                     |

| Наименование характеристики                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Значение                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения перемещения маркерной меры в направлении оси OZ, мм                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | $\pm(0,6+0,0013 \cdot  450 - X_i  + 0,0012 \cdot Y_i)^{3), 4)}$ |
| <sup>1)</sup> Индивидуальные значения расстояний между началом шкалы и центром каждой маркерной метки в направлении осей OX и OY при температуре 20 °С приводятся в паспорте на установку<br><sup>2)</sup> Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения длины в направлении осей OX и OY в начальном положении маркерной меры включают допускаемое отклонение от индивидуальных значений<br><sup>3)</sup> $Y_i$ – расстояние между началом шкалы и центром данной маркерной метки в направлении оси OY, мм<br><sup>4)</sup> $X_i$ – расстояние между началом шкалы и центром данной маркерной метки в направлении оси OX, мм<br><sup>5)</sup> $l_z$ – перемещение маркерной меры в направлении оси OZ, мм |                                                                 |

#### 4 Перечень операций поверки

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

Таблица 2 – Операции при поверке

| Наименование операции                                                                                                                                                                                                                          | Проведение операции поверки при |                       | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                | первичной поверке               | периодической поверке |                                                                                                |
| Внешний осмотр                                                                                                                                                                                                                                 | Да                              | Да                    | 9                                                                                              |
| Подготовка к поверке и опробование                                                                                                                                                                                                             | Да                              | Да                    | 10                                                                                             |
| Определение метрологических характеристик                                                                                                                                                                                                      | Да                              | Да                    | 11                                                                                             |
| Определение отклонений от индивидуальных значений расстояний между началом шкалы и центром любой маркерной метки в направлении осей OX и OY при температуре 20 °С                                                                              | Да                              | Да                    | 11.1                                                                                           |
| Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения длины в направлении осей OX и OY в начальном положении маркерной меры (в отсутствии перемещения в направлении оси OZ)                                                              | Да                              | Нет                   | 11.2                                                                                           |
| Определение смещения нуля шкалы маркерной меры в направлении оси OZ                                                                                                                                                                            | Да                              | Да                    | 11.3                                                                                           |
| Определение дополнительной абсолютной погрешности воспроизведения длины в направлении осей OX, OY при перемещении маркерной меры в направлении оси OZ и абсолютной погрешности воспроизведения перемещения маркерной меры в направлении оси OZ | Да                              | Да                    | 11.4                                                                                           |
| Подтверждение соответствия установки метрологическим и обязательным требованиям                                                                                                                                                                | Да                              | Да                    | 13                                                                                             |

4.2 При получении отрицательного результата любой из операций по таблице 1 поверку установки рекомендуется прекратить. Последующие операции поверки проводят, если отрицательный результат предыдущей операции не влияет на достоверность поверки последующего параметра.

## 5 Требования к условиям проведения поверки

5.1 При выполнении измерений в процессе поверки соблюдают следующие условия:

Температура окружающей среды, °C .....  $20 \pm 5$

Допускаемое изменение температуры в процессе измерений, °C .....  $\pm 1$

Относительная влажность воздуха, % ..... от 45 до 65

Атмосферное давление, кПа.....от 84 до 106,7

Напряжение сети переменного тока, В..... $220 \pm 15$

Частота сети, Гц ..... от 50 до 60

5.2 Помещение, где проводятся геометрические измерения, должно быть оборудовано виброзащитным столом или основанием для установки координатно-измерительной машины.

5.3 В помещении должно быть исключено одностороннее нагревание объекта испытания, контрольных средств измерений. Воздух в помещении не должен содержать вредных примесей и газов, вызывающих коррозию составных частей установки и применяемых средств измерений.

## 6 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

6.1 В качестве персонала, выполняющего непосредственные измерения при поверке, допускаются лица с высшим образованием или среднетехническим и дополнительным образованием по профилю, соответствующему выполняемым измерениям.

6.2 В качестве персонала, выполняющего обработку результатов измерений и вычисление параметров при поверке, допускаются лица с высшим образованием.

6.3 Персонал, выполняющий поверку, должен иметь опыт определения метрологических характеристик многозначных мер, а также опыт практической работы с эталонами и средствами измерений, указанными в таблице 3, не менее трех лет.

## 7 Метрологические и технические требования к средствам поверки

7.1 При выполнении поверки по данной методике применяют средства поверки, приведенные в таблице 3 и соответствующие требованиям локальной поверочной схемы [2]. Допускается применять средства поверки с метрологическими и техническими характеристиками, отличные от рекомендуемых, в том случае, если они обеспечивают требуемую точность передачи единиц величин поверяемой установке.

7.2 Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть утверждены приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в соответствии с пунктом 6 Положения об эталонах единиц величин [4] и аттестованы. Средства измерений должны быть утвержденного типа и поверены.

Таблица 3 – Средства поверки

| Метрологические и технические требования к средствам поверки | Рекомендуемые для применения средства поверки  | Номер пункта методики поверки |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1 Лупы большого увеличения типа ЛП ГОСТ 25706-83             | Лупа большого увеличения типа ЛП ГОСТ 25706-83 | 9.1                           |

| Метрологические и технические требования к средствам поверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Рекомендуемые для применения средства поверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Номер пункта методики поверки |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 2 Приборы для измерений наружных и внутренних размеров (машины координатные)<br>Диапазон измерений:<br>от 0 до 1200 мм<br>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений:<br>$\pm 30$ мкм, не более                                                                                                                                                                                                                                                                          | Машина координатная измерительная портативная CimCore5124 INFINITE 2.0 Plus<br>Регистрационный номер 42764-09<br>Диапазон измерений от 0 до 2400 мм<br>Пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 0,029$ мм                                                                                                                                          | 11.1 - 11.4                   |
| 3 Приборы для измерений наружных размеров <sup>1)</sup><br>Диапазон измерений:<br>от 0 до 50 мм<br>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений:<br>$\pm 5$ мкм, не более                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Машина трехкоординатная измерительная G90C/CS15.15<br>Регистрационный номер 20045-00<br>Диапазон измерений по осям координат:<br>X: от 0 до 3000 мм<br>Y: от 0 до 1500 мм<br>Z: от 0 до 1500 мм<br>Пределы допускаемой абсолютной погрешности:<br>$\pm (4+L/225)$ мкм, где L – длина в миллиметрах                                                       | 11.4                          |
| 4 Средства измерений угла наклона<br>Предел допускаемой абсолютной погрешности: 30", не более                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Квадрант оптический КО-10, зав. № 0082<br>Регистрационный номер 26905-04<br>Диапазон измерений углов: от 0° до 360°;<br>ПГ: $\pm 10''$<br>Или<br>Уровень электронный Tesa Clinobevel 2<br>Регистрационный номер 26747-04<br>- пределы измерений: $\pm 45^\circ$ ;<br>- пределы допускаемой абсолютной погрешности: $5'' + 0,07\%$ от измеряемой величины | 11.4                          |
| <sup>1)</sup> Для измерения отклонения от номинальной длины концевых мер из состава установки методом сравнения с мерой допускается использовать меры длины концевые плоскопараллельные 4-го разряда [3] и компаратор для поверки мер длины концевых плоскопараллельных, диапазон измерений отклонений длины $\pm 20$ мкм, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений не более $\pm 0,1$ мкм и предназначенный для поверки концевых мер номинальной длиной от 1 до 50 мм |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                               |

## 8 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

8.1 При проведении поверки в помещении, где располагаются средства измерений, эталоны и другие технические средства, персоналу, надлежит соблюдать требования безопасности, указанные в следующих документах:

- эксплуатационные документы на установку и используемые средства поверки;
- инструкции по охране труда при эксплуатации персональных компьютеров и другого оборудования вычислительной техники.

8.2 Персонал должен быть аттестован на право работ с напряжением до 1000 В и иметь действующие квалификационные группы по электробезопасности:

- II для операторов ПЭВМ;
- III для сотрудников, обслуживающих СИ.

## **9 Внешний осмотр**

9.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие следующим требованиям:

- маркировка и комплектность установки должны соответствовать её эксплуатационным документам (паспорт, руководство по эксплуатации);
- состав комплекта концевых мер установки должен соответствовать эксплуатационным документам;
- рабочие поверхности установки не должны иметь механических повреждений (сколов, забоин, глубоких царапин) и следов коррозии, влияющих на её эксплуатационные и метрологические характеристики;
- при рассмотрении в лупу ЛПП покрытие маркерных меток не должно иметь видимых нарушений, повреждений или загрязнений, выходить за пределы торца маркера на его боковые поверхности, не полностью покрывать торец маркера;
- цвет меток должен быть контрастным на фоне черного корпуса маркерной меры и визуально определяться как белый;
- количество маркеров маркерной меры в каждом ряду в направлении оси ОХ должно составлять 10 шт.; в каждом ряду в направлении оси ОУ – 8 шт.; во всех рядах меры – 80 шт.

9.2 Результаты поверки считают положительными, если выполняются все требования п. 9.1. При обнаружении несоответствий поверку прекращают.

## **10 Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

10.1 При подготовке к поверке установку и концевые меры длины из комплекта установки, применяемые эталоны и средства измерений подвергают обязательной температурной стабилизации - выдерживают в помещении, где будут производиться измерения, в рабочем положении в течение 24 часов.

10.2 Измерительные поверхности концевых мер длины из комплекта установки и эталонных мер очищают от пыли и жировых загрязнений полотняной салфеткой, смоченной в бензине или этиловом спирте, и протирают чистой сухой салфеткой из хлопчатобумажной ткани. После очистки концевые меры длиной до 100 мм выдерживают не менее получаса, меры длиной свыше 100 мм – не менее одного часа.

10.3 При опробовании проверяют взаимодействие составных частей установки перемещением маркерной меры вдоль рельса оптической скамьи прямым и обратным ходом. Перемещение меры должно быть плавным, без рывков.

10.4 Контролируют условия поверки, указанные в разделе 5 измерителями температуры и влажности, соответствующими требованиям указанного раздела.

10.5 Измерения маркерной меры выполняют с помощью КИМ CimCore5124 INFINITE 2.0 Plus (далее – КИМ). При измерениях используют измерительный щуп со сферическим наконечником диаметром не более 3 мм.



## 11 Определение метрологических характеристик средства измерений

### 11.1 Определение отклонений от индивидуальных значений длины шкалы маркерной меры и расстояний между началом шкалы и центром любой маркерной метки в направлении осей $OX$ и $OY$ при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$

11.1.1 Измерения выполняют с помощью КИМ в горизонтальном положении маркерной меры.

11.1.2 Освобождают маркерную меру от упорной планки, снимают с блока крепления к подвижной каретке и устанавливают на плоскую поверхность (измерительный стол КИМ или поверочную плиту) в горизонтальное положение маркерами вверх и закрепляют. Допускается не снимать маркерную меру с блока крепления к подвижной каретке. В этом случае на плоскую поверхность устанавливают поддерживающие призмы, обеспечивающие надежное удержание в горизонтальном положении маркерной меры вместе с подвижной кареткой, блоком крепления к подвижной каретке и упорной планкой, а на поддерживающие призмы укладывают маркерную меру маркерами вверх и закрепляют.

11.1.3 Выполняют построение вспомогательной системы координат (далее – ВСК) установки (рисунок 1) в привязке к системе координат КИМ. За плоскость шкалы маркерной меры  $O'X'Y'$  принимают плоскость, построенную по результатам ощупывания поверхностей платиков в нижней части рамы (под маркерами №5 и №6). В качестве базовых маркеров при построении ВСК принимают маркеры №5 и №6, наиболее близкие к точке крепления маркерной меры на оптической скамье и наименее подверженные угловым смещениям. Точки пересечения осей данных маркеров с плоскостью шкалы маркерной меры задают положение оси  $O'X'$ , а точка пересечения оси маркера №5 с данной плоскостью – начало отсчета ВСК. Ось  $O'Y'$  ориентируют в плоскости шкалы маркерной меры перпендикулярно оси  $O'X'$  (в направлении маркера №75), осью  $O'Z'$  замыкают систему, образуя правую тройку векторов с осями  $O'X'$  и  $O'Y'$ . Основную систему координат (далее – ОСК) получают параллельным переносом начала отсчета ВСК в точку пересечения оси маркера №1 и плоскости шкалы маркерной меры. Построение осей маркеров выполняют по результатам ощупывания их боковых цилиндрических поверхностей на расстоянии до 1,5 мм от их торцов. Дальнейшие вычисления проводят в ВСК или ОСК.

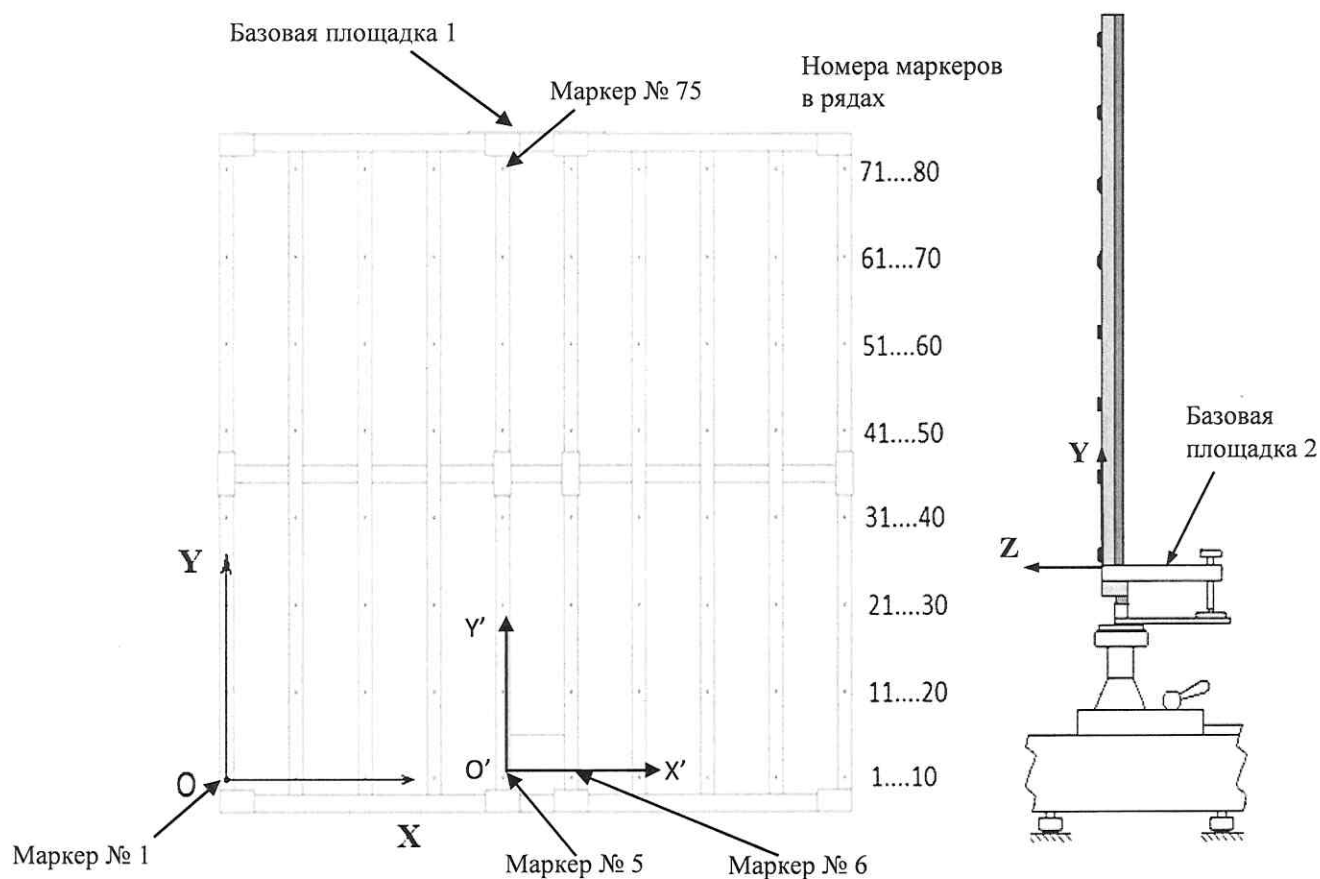


Рисунок 1– Оси координат и номера маркеров маркерной меры установки УВГМ-80

11.1.4 Ощупывают измерительным наконечником КИМ боковую цилиндрическую поверхность каждого маркера меры. Ощупывание выполняют вдоль всей длины маркера, исключая краевую зону длиной (0,2 – 0,5) мм. Количество регистрируемых измерений – не менее 15.

11.1.5 В процессе измерений температуру окружающей среды регистрируют каждый час.

11.1.6 По результатам измерений определяют координаты  $X_{it}$ ,  $Y_{it}$  центров маркерных меток в ОСК при температуре измерений.

11.1.7 Рассчитывают расстояние  $X_{i20}$ ,  $Y_{i20}$ , мм, между началом шкалы маркерной меры и центром каждой маркерной метки в направлении осей ОХ и ОУ (координаты центров маркерных меток в ОСК) при температуре 20 °С, по формулам:

$$X_{i20}(Y_{i20}) = X_{it}(Y_{it}) \cdot (1 - \alpha \cdot \Delta t); \quad (1)$$

$$\Delta t = t - 20 \text{ °С}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – температурный коэффициент линейного расширения, °С<sup>-1</sup>, материала маркерной меры или концевых мер длины ( $\alpha = 11,6 \cdot 10^{-6}$  °С<sup>-1</sup> для стали 20 по ГОСТ 1050-2013 «Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия»);

$\Delta t$  – отклонение средней температуры измерения координат центров маркерных меток  $t$  от нормального значения (20 °С).

11.1.8 Рассчитывают отклонение расстояния между началом шкалы маркерной меры и центром каждой маркерной метки  $\Delta_{\text{инд}}(X_i(Y_i))$ , мм, от индивидуальных значений, установленных в паспорте на установку, при температуре 20 °С.

11.1.9 Результаты измерений и обработки данных регистрируют в протоколе поверки, приводя значения в миллиметрах с точностью до двух (трех) знаков после запятой.



## 11.2 Определение основной абсолютной погрешности воспроизведения длины в направлении осей ОХ и ОУ в начальном положении маркерной меры (в отсутствии перемещения в направлении оси ОZ)

11.2.1 Для каждого маркера по результатам измерений по п. 11.1.4 определяют отклонение от перпендикулярности  $EPR_i$  оси маркера и плоскости шкалы маркерной меры.

Примечание – Операцию выполняют только при первичной поверке.

11.2.2 Для каждой маркерной метки рассчитывают погрешность  $\Delta_{EPRi}$ , мм, обусловленную смещением центра маркерной метки относительно центра маркера из-за отклонения от перпендикулярности, по формуле:

$$\Delta_{EPRi} = \pm \frac{EPR_1 + EPR_i}{2}, \quad (3)$$

где  $EPR_1$  и  $EPR_i$  – отклонения от перпендикулярности, мм, осей маркеров, задающих начало координат и данную маркерную метку соответственно.

11.2.3 Для каждой маркерной метки рассчитывают максимальную погрешность, обусловленную температурным линейным расширением материала маркерной меры при эксплуатации установки,  $\Delta_{tmax}(X_i(Y_i))$ , мм, по формуле:

$$\Delta_{tmax}(X_i(Y_i)) = \pm \alpha \cdot l_i \cdot \Delta t_{max}, \quad (4)$$

где  $\alpha$  – коэффициент аналогичный применяемому в п. 11.1.7;

$l_i$  – расстояние, мм, между началом шкалы и центром данной маркерной метки в соответствующем направлении при 20 °С ( $X_{i20}$ ,  $Y_{i20}$ );

$\Delta t_{max}$  – максимальное отклонение температуры при эксплуатации установки, °С, от нормального значения ( $\Delta t_{max} = 5$  °С).

11.2.4 Для каждой маркерной метки рассчитывают основную абсолютную погрешность воспроизведения длины в направлении осей ОХ и ОУ в начальном положении маркерной меры (в отсутствии перемещения в направлении оси ОZ)  $\Delta_0(X_i(Y_i))$ , мм, по следующей формуле:

$$\Delta_0(X_i(Y_i)) = \pm \left( |\Delta_{инд}(X_i(Y_i))| + |\Delta_{EPRi}| + |\Delta_{tmax}(X_i(Y_i))| + |\Delta_{КИМ}| \right), \quad (5)$$

где  $\Delta_{КИМ}$  – инструментальная погрешность КИМ, мм.

11.2.5 Результаты измерений и обработки данных регистрируют в протоколе поверки, приводя значения в миллиметрах с точностью до двух (трех) знаков после запятой.

## 11.3 Определение смещения нуля шкалы маркерной меры в направлении оси ОZ

11.3.1 Измерения выполняют с помощью КИМ в горизонтальном положении маркерной меры.

11.3.2 Устанавливают маркерную меру на плоскую поверхность (измерительный стол КИМ или поверочную плиту) в горизонтальное положение маркерами вверх и закрепляют.

11.3.3 Осуществляют построение ВСК и ОСК в соответствии с п. 11.1.3. Дальнейшие вычисления проводят в ВСК или ОСК.

11.3.4 Проводят ощупывание торцовых поверхностей каждого маркера маркерной меры. Ощупывание выполняют по всей поверхности маркерной метки, исключая краевую зону. Количество регистрируемых измерений – не менее 5. Допускается совмещать ощупывание торцовых поверхностей с ощупыванием боковых цилиндрических поверхностей по п. 11.1.

11.3.5 По результатам измерений определяют отклонение от плоскостности  $EFE_i$  каждой маркерной метки.

11.3.6 Не меняя положения КИМ и маркерной меры, ощупывают измерительным наконечником условные центры маркерных меток (однократные касания).

11.3.7 Для каждой маркерной метки определяют смещение нуля шкалы маркерной меры в направлении оси OZ  $\Delta_{\text{инд}}(Z_i)$  как расстояние от условного центра маркерной метки до плоскости шкалы.

11.3.8 Результаты измерений и обработки данных регистрируют в протоколе поверки, приводя значения в миллиметрах с точностью до двух (трех) знаков после запятой.

#### **11.4 Определение дополнительной абсолютной погрешности воспроизведения длины в направлении осей OX, OY при перемещении маркерной меры в направлении оси OZ и абсолютной погрешности воспроизведения перемещения маркерной меры в направлении оси OZ**

11.4.1 Измерения маркерной меры выполняют с помощью КИМ в вертикальном положении маркерной меры. Маркерную меру фиксируют на блоке крепления к подвижной каретке и устанавливают на оптическую скамью в начальное положение (маркерная мера, установленная на подвижную каретку скамьи, упирается в ее упорную каретку, концевые меры отсутствуют).

11.4.2 Осуществляют построение ВСК и ОСК в соответствии с п. 11.1.3. При дальнейшей обработке данных ВСК должна оставаться неподвижной относительно начального положения маркерной меры (система координат не перемещается вместе с маркерной мерой), вычисления проводят в ВСК или ОСК.

11.4.3 В процессе измерений температуру окружающей среды регистрируют каждый час.

11.4.4 Ощупывание боковых поверхностей маркеров выполняют вдоль всей длины маркера, исключая краевую зону длиной (0,2 – 0,5) мм. Количество регистрируемых измерений - не менее 15. Ощупывание торцовых поверхностей маркера выполняют однократным касанием условного центра маркерных меток.

11.4.5 Ощупыванию подлежат:

- боковые поверхности базовых маркеров 5, 6 для определения координат X', Y' центров их маркерных меток при перемещении маркерной меры в направлении оси OZ;
- условные центры маркерных меток на торцах контрольных маркеров 3, 4, 5, 6, 7, 8 для определения углового смещения маркерной меры относительно оси OY и погрешности воспроизведения перемещения маркерной меры в направлении оси OZ.

Примечания:

1 В качестве контрольных принимают маркерные метки под номерами 3, 4, 5, 6, 7, 8, наиболее близкие к точке крепления маркерной меры на оптической скамье и наименее подверженные угловым смещениям относительно осей OX и OZ, что позволяет исключить влияние усилия оператора при ощупывании.

2 Условный центр маркерных меток определяют визуально.

11.4.6 В начальном положении маркерной меры ощупывают маркеры и регистрируют координаты X', Y' центров базовых маркеров 5, 6 и координаты Z' условных центров контрольных маркеров 3-8.

11.4.7 Не меняя положения КИМ и оптической скамьи, перемещают маркерную меру вдоль оптической скамьи в прямом и обратном направлении на заданные перемещения, воспроизводимые концевыми мерами из комплекта установки (отдельными или собранными в блоки):

- в прямом направлении 100,0; 200,0; 300,0; 400,0; 500,0; 501,0; 502,5; 504,5; 509,5; 519,5; 539,5; 589,5; 600 мм (последовательность 1) или 1,0; 2,5; 4,5; 9,5; 19,5; 39,5; 89,5; 100,0; 200,0; 300,0; 400,0; 500,0; 600,0 мм (последовательность 2);
- в обратном направлении 500; 400; 300; 200; 100 мм.

Примечание – Подачу маркерной меры к измерительной поверхности концевой меры длины вдоль оптической скамьи производят плавно, не допуская ударов и смещений.

11.4.8 Возвращают маркерную меру в начальное положение.

11.4.9 В каждом положении маркерной меры, включая начальные, регистрируют координаты  $X'$ ,  $Y'$  центров маркерных меток базовых маркеров 5, 6 и координаты  $Z'$  условных центров контрольных маркеров 3-8.

11.4.10 В начальном положении маркерной меры и положениях, соответствующих перемещениям 100, 200, 300, 400, 500, 600 мм, дополнительно измеряют углы наклона к горизонтальной плоскости относительно осей  $OX$  и  $OZ$  базовых площадок маркерной меры. Для измерения угла наклона относительно оси  $OZ$   $\varphi_z$  средство измерений угла наклона (квадрант или уровень) устанавливают на базовую площадку 1 маркерной меры вдоль оси  $OX$ , для измерения угла наклона относительно оси  $OX$   $\varphi_x$  – на базовую площадку 2 маркерной меры параллельно оси  $OZ$ . Углы наклона  $\varphi_x$ ,  $\varphi_z$  и их максимальное изменение  $\Delta\varphi_{x\max}$ ,  $\Delta\varphi_{z\max}$  регистрируют в протоколе поверки в минутах и секундах с учётом знака с точностью, соответствующей цене деления или дискретности отсчёта средства измерений угла наклона (квадранта или уровня).

11.4.11 Для базовых маркеров 5, 6 при каждом заданном перемещении  $l_{zj}$  определяют смещение координат центров их маркерных меток в направлении оси  $OX$   $\Delta_{\text{перем}}(X_{ij})$ , мм, и  $OY$   $\Delta_{\text{перем}}(Y_{ij})$ , мм, как разность соответствующих координат в начальном и конечном положении.

11.4.12 Для каждого контрольного маркера 3-8 при каждом заданном перемещении  $l_{zj}$  определяют перемещение его маркерной метки в направлении оси  $OZ$   $l_{zij}$ , мм, как разность конечных и начальных координат центра этой маркерной метки в направлении оси  $OZ$  и отклонение перемещения от заданного  $\Delta(l_{zij})$ , мм, как разность определенного перемещения  $l_{zij}$ , мм, и заданного  $l_{zj}$ , мм (суммы номинальных длин концевых мер, которыми задано перемещение).

11.4.13 Для каждой пары контрольных маркеров 3;8 и 4;7 при каждом заданном перемещении  $l_{zj}$  рассчитывают погрешность воспроизведения перемещения в направлении оси  $OZ$   $\Delta_{\varphi y}(l_{z(3-8)j}(l_{z(4-7)j}))$ , мм, обусловленную угловыми смещениями плоскости шкалы маркерной меры относительно оси  $OY$ :

$$\Delta_{\varphi y}(l_{z(3-8)j}(l_{z(4-7)j})) = \pm \frac{\left| (z_{m-j}^k - z_{m-j}^0) - (z_{m+j}^k - z_{m+j}^0) \right| + EFE_{m-} + EFE_{m+}}{2}, \quad (6)$$

где  $z_{m-j}^k$  и  $z_{m-j}^0$  — конечная и начальная координата, мм, центра маркерной метки, расположенной в области отрицательных значений оси  $O'X'$  (для пары 3;8 - маркерная метка 3; для пары 4-7 – маркерная метка 4) при перемещении  $l_{zj}$ ;

$z_{m+j}^k$  и  $z_{m+j}^0$  — конечная и начальная координата, мм, центра маркерной метки, расположенной в области положительных значений оси  $O'X'$  (для пары 3;8 - маркерная метка 8; для пары 4;7 – маркерная метка 7 при перемещении  $l_{zj}$ );

$EFE_{m-}$  и  $EFE_{m+}$  – отклонение от плоскостности, мм, маркерных меток, расположенных в области отрицательных и положительных значений оси  $O'X'$  соответственно (для пары 3;8 - маркерные метки 3 и 8; для пары 4;7 – маркерные метки 4 и 7).

11.4.14 При каждом заданном перемещении  $l_{zj}$  рассчитывают максимальную для всех маркерных меток погрешность воспроизведения длины в направлении оси  $OX$   $\Delta_{\varphi y}(X_j)_{\max}$ , мм, и для маркерных меток 6, 8, 10, 40, 80 погрешность воспроизведения перемещения в направлении оси  $OZ$   $\Delta_{\varphi y}(l_{zij})$ , мм, обусловленные угловыми смещениями плоскости шкалы маркерной меры относительно оси  $OY$ :

$$\Delta_{\varphi y}(X_j)_{\max} = \pm \frac{l_x}{2} \left( 1 - \frac{\sqrt{1 - \left( \frac{\Delta_{\varphi y}(l_{z(3-8)j})}{l_x / 2 - X_3} \right)^2} + \sqrt{1 - \left( \frac{\Delta_{\varphi y}(l_{z(4-7)j})}{l_x / 2 - X_4} \right)^2}}{2} \right), \quad (7)$$

$$\Delta_{\varphi y}(l_{z_{ij}}) = \pm \frac{l_x / 2 - X_{i20}}{2} \left( \frac{\Delta_{\varphi y}(l_{z_{(3-8)j}})}{l_x / 2 - X_3} + \frac{\Delta_{\varphi y}(l_{z_{(4-7)j}})}{l_x / 2 - X_4} \right), \quad (8)$$

где  $l_x$  – номинальная длина шкалы, мм, в направлении оси ОХ ( $l_x = 900$  мм);

$X_3$  и  $X_4$  – номинальное расстояние, мм, между началом шкалы и центром первой маркерной метки соответствующей пары 3-8 или 4-7 в направлении оси ОХ ( $X_3 = 200$  мм;  $X_4 = 300$  мм).

11.4.15 Для маркерных меток 10, 40, 80 рассчитывают максимальную для всех перемещений погрешность воспроизведения длины в направлении оси ОХ  $\Delta_{\Delta\varphi z}(X_i)_{\max}$ , мм, обусловленную угловыми смещениями плоскости шкалы маркерной меры относительно оси ОZ:

$$\Delta_{\Delta\varphi z}(X_i)_{\max} = \pm 2 \sqrt{Y_{i20}^2 + \left( \frac{l_x}{2} - X_{i20} \right)^2} \cdot \left( \cos \beta_{\Delta\varphi z} \cdot \sin \left( \frac{\Delta\varphi_{z\max}}{2} \right) \right), \quad (9)$$

$$\beta_{\Delta\varphi z} = 90^\circ - \frac{\Delta\varphi_{z\max}}{2} - \arctg \left( \frac{Y_{i20}}{\frac{l_x}{2} - X_{i20}} \right), \quad (10)$$

где  $l_x$  – номинальная длина шкалы, мм, в направлении оси ОХ ( $l_x = 900$  мм);

$\Delta\varphi_{z\max}$  – максимальное изменение угла наклона базовой площадки 1 к горизонтальной плоскости, в градусах, при перемещении маркерной меры вдоль оси ОZ.

11.4.16 Для маркерных меток 6, 8, 10 рассчитывают максимальную для всех перемещений погрешность воспроизведения длины в направлении оси ОУ  $\Delta_{\varphi z}(Y_i)_{\max}$ , мм, обусловленную угловыми смещениями плоскости шкалы маркерной меры относительно оси ОZ:

$$\Delta_{\Delta\varphi z}(Y_i)_{\max} = \pm \left( X_{i20} - \frac{l_x}{2} \right) \cdot \sin \Delta\varphi_{z\max}. \quad (11)$$

11.4.17 Рассчитывают максимальную для всех перемещений и всех маркерных меток погрешность воспроизведения длины в направлении оси ОУ  $\Delta_{\Delta\varphi x}(Y)_{\max}$ , мм, обусловленную угловыми смещениями плоскости шкалы маркерной меры относительно оси ОХ:

$$\Delta_{\Delta\varphi x}(Y)_{\max} = \pm l_y (1 - \cos \Delta\varphi_{x\max}), \quad (12)$$

где  $l_y$  – номинальная длина шкалы, мм, в направлении оси ОУ ( $l_y = 700$  мм);

$\Delta\varphi_{x\max}$  – максимальное изменение угла наклона к горизонтальной плоскости базовой площадки 2 маркерной меры.

11.4.18 Для маркерных меток 6, 8, 10, 40, 80 рассчитывают максимальную для всех перемещений погрешность воспроизведения перемещения в направлении оси ОZ  $\Delta_{\Delta\varphi x}(l_z)$ , мм, обусловленную угловыми смещениями плоскости шкалы маркерной меры относительно оси ОХ:

$$\Delta_{\Delta\varphi x}(l_z)_{\max} = \pm (Y_{i20} \cdot \sin \Delta\varphi_{x\max}). \quad (13)$$

11.4.19 Для маркерных меток 10, 40, 80 рассчитывают дополнительную абсолютную погрешность воспроизведения длины в направлении оси ОХ при перемещении маркерной меры в направлении оси ОZ  $\Delta_c(X_i)$ , мм:

$$\Delta_c(X_i) = \pm \left( \left| \Delta_{\text{перем}}(X) \right|_{\max} + \left| \Delta_{\varphi y}(X) \right|_{\max} + \left| \Delta_{\Delta\varphi z}(X_i)_{\max} \right| \right), \quad (14)$$

где  $|\Delta_{\text{перем}}(X)|_{\max}$  – максимальное для всех перемещений смещение, мм, координат центров маркерных меток 5, 6 в направлении оси ОХ при перемещении маркерной меры в направлении оси ОZ (наибольшее по модулю значение);



$|\Delta_{\phi y}(X)|_{\max}$  – максимальная для всех перемещений и для всех маркерных меток погрешность воспроизведения длины в направлении оси ОХ.

11.4.20 Для маркерных меток 6, 8, 10 при каждом заданном перемещении  $l_{z3}$  рассчитывают дополнительную абсолютную погрешность воспроизведения длины в направлении оси ОУ при перемещении маркерной меры в направлении оси ОZ  $\Delta_c(Y_i)$ , мм:

$$\Delta_c(Y_i) = \pm \left( |\Delta_{\text{перем}}(Y)|_{\max} + |\Delta_{\Delta\phi x}(Y)|_{\max} + |\Delta_{\Delta\phi z}(Y_i)|_{\max} \right), \quad (15)$$

где  $|\Delta_{\text{перем}}(Y)|_{\max}$  – максимальное для всех перемещений смещение, мм, координат центров маркерных меток 5, 6 в направлении оси ОХ при перемещении маркерной меры в направлении оси ОZ (наибольшее по модулю значение);

11.4.21 Рассчитывают максимальную для всех перемещений погрешность, обусловленную температурным линейным расширением материала концевых мер длины при эксплуатации установки,  $\Delta_t(l_{z\max})$ , мм, по формуле:

$$\Delta_t(l_{z\max}) = \pm \alpha \cdot l_{z\max} \cdot \Delta t_{\max}, \quad (16)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, аналогичный применяемому в п. 11.1.7;

$l_{z\max}$  – верхний предел воспроизведения перемещения маркерной меры в направлении оси ОZ, мм ( $l_{z\max} = 600$  мм);

$\Delta t_{\max}$  – максимальное отклонение температуры при эксплуатации установки, °С, от нормального значения ( $\Delta t = 5$  °С).

11.4.22 Для маркерных меток 6, 8, 10, 40, 80 и каждого заданного перемещения маркерной меры в диапазоне от 100 до 600 мм рассчитывают абсолютную погрешность воспроизведения длины в направлении оси ОZ  $\Delta_0(l_{zij})$ , мм, по следующей формуле:

$$\Delta_0(l_{zij}) = \pm \left( |\Delta(l_{zij})|_{\max} + |\Delta_{\text{КИМ}}| + EFE_i + |\Delta_{\phi y}(l_{z_i})|_{\max} + |\Delta_{\Delta\phi x}(l_{z_i})|_{\max} + |\Delta_t(l_{z_i})|_{\max} \right), \quad (17)$$

где  $|\Delta(l_{zij})|_{\max}$  – максимальное отклонение перемещения от заданного для маркерных меток 5, 6 (наибольшее по модулю значение) за прямой и обратный ход для всех перемещений;

$|\Delta_{\phi y}(l_{z_i})|_{\max}$  – максимальная для всех перемещений  $i$ -ой маркерной метки погрешность воспроизведения перемещения в направлении оси ОZ, обусловленная угловыми смещениями плоскости шкалы маркерной меры относительно оси ОУ за прямой и обратный ход.

11.4.23 Определяют отклонение от номинального значения концевых мер установки номинальной длиной от 1 до 50 мм методом прямых измерений или методом сравнения с мерой.

11.4.24 При применении метода прямых измерений используют машину G90C/CS15.15, меры устанавливают в горизонтальном положении. Количество измерений длины меры – не менее 5 (по центру и в четырех угловых точках прямоугольного контура). Отклонение длины меры вычисляют как разность средней измеренной и номинальной длин.

11.4.25 При применении метода сравнения используют образцовые меры 4-го разряда и компаратор (установку КИТ КМД). Отклонение измеряют в вертикальном положении меры.

11.4.26 Для маркерных меток 6, 8, 10, 40, 80 и перемещений маркерной меры 1,0; 2,5; 4,5; 9,5; 19,5; 39,5; 89,5 мм, задаваемых КМД номинальной длиной от 1 до 50 мм, рассчитывают абсолютную погрешность воспроизведения длины в направлении оси ОZ  $\Delta_0(l_{zij})$ , мм, по следующей формуле:

$$\Delta_0(l_{zij}) = \pm \left( |\Delta(l_{z_j})| + |\Delta_{\text{измКМД}}| + |\Delta_{\phi y}(l_{z_i})|_{\max} + |\Delta_{\Delta\phi x}(l_{z_i})|_{\max} \right), \quad (18)$$

где  $\Delta(l_{z_j})$  – отклонение от номинального значения длины концевой меры или сумма абсолютных значений этих отклонений для мер, собранных в блоки;

$\Delta_{\text{измКМД}}$  – погрешность измерений машины G90C/CS15.15 при применении метода прямых измерений или суммарная погрешность эталонных мер и компаратора при применении метода косвенных измерений.

11.4.27 Если перемещения маркерной меры по п. 11.4.7 задавались в последовательности 2, то пределы абсолютной погрешности воспроизведения длины в направлении оси OZ  $\Delta_0(l_{zij})$ , мм, рассчитывают по формуле (17), а операции по п.п. 11.4.23 - 11.4.26 не проводят.

11.4.28 Результаты измерений и обработки данных регистрируют в протоколе поверки, приводя значения в миллиметрах с точностью до двух (трех) знаков после запятой.

## 12 Порядок поверки в сокращенном объеме

12.1 Допускается проводить периодическую поверку в сокращенном объеме только для маркерной меры, которая может использоваться в качестве отдельного автономного блока. В этом случае при поверке не выполняют операции, предусмотренные подразделами 11.3-11.4, при этом в записях о результатах поверки указывают наименование автономного блока (маркерная мера длины), для которого осуществлена поверка.

12.2 Поверка в сокращенном объеме проводится на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку, оформленного в произвольной форме.

## 13 Подтверждение соответствия установки метрологическим требованиям

13.1 При первичной поверке установка признается соответствующей установленным метрологическим требованиям и пригодной к дальнейшему применению, если по каждой воспроизводимой величине ( $X$ ,  $Y$ ,  $l_z$ ) установка соответствует требованиям к эталонам (требуемому уровню локальной поверочной схемы), в соответствии с которой её планируется применять для поверки, а также для маркерной меры в начальном положении (в отсутствии перемещения в направлении оси OZ) выполняются условия (19), (20) и при её перемещении в направлении оси OZ – условия (21), (22):

$$|\Delta_{\text{инд}}(X_i(Y_i))| \leq |\Delta_{\text{инд}}(X(Y))^{\text{доп}}|; \quad (19)$$

$$|\Delta_0(X_i(Y_i))| \leq |\Delta_0(X(Y))^{\text{доп}}|; \quad (20)$$

$$|\Delta_c(X_i(Y_i))| \leq |\Delta_c(X(Y))^{\text{доп}}|; \quad (21)$$

$$|\Delta_0(l_{zij})| \leq |\Delta_0(l_z)^{\text{доп}}|; \quad (22)$$

где  $\Delta_{\text{инд}}(X_i(Y_i))$  – отклонение величины от индивидуального значения в направлении осей OX, OY;

$\Delta_{\text{инд}}(X(Y))^{\text{доп}}$  – допускаемое отклонение от индивидуального значения в направлении осей OX, OY, указанное в описании типа;

$\Delta_0(X_i(Y_i))$  и  $\Delta_c(X_i(Y_i))$  – соответственно основная и дополнительная абсолютные погрешности воспроизведения величины в направлении осей OX, OY;

$\Delta_0(X(Y))^{\text{доп}}$  и  $\Delta_c(X(Y))^{\text{доп}}$  – соответственно пределы допускаемой основной и дополнительной абсолютных погрешностей воспроизведения величины в направлении осей OX, OY, указанный в описании типа;

$\Delta_0(l_{zij})$  – абсолютная погрешность воспроизведения величины в направлении оси OZ;

$\Delta_0(l_z)^{\text{доп}}$  – пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения величины в направлении оси OZ.

13.2 При периодической поверке установка признается соответствующей установленным метрологическим требованиям и пригодной к дальнейшему применению, если выполняются условия (19), (21) и (22) при поверке в полном объеме и условие (19) при поверке в сокращенном объеме.



13.3 Установка признается не соответствующей установленным метрологическим требованиям и непригодной к дальнейшему применению, если не выполняются условия по п.п. 13.1, 13.2.

#### **14 Оформление результатов поверки**

14.1 Результаты поверки установки оформляют установленным порядком.

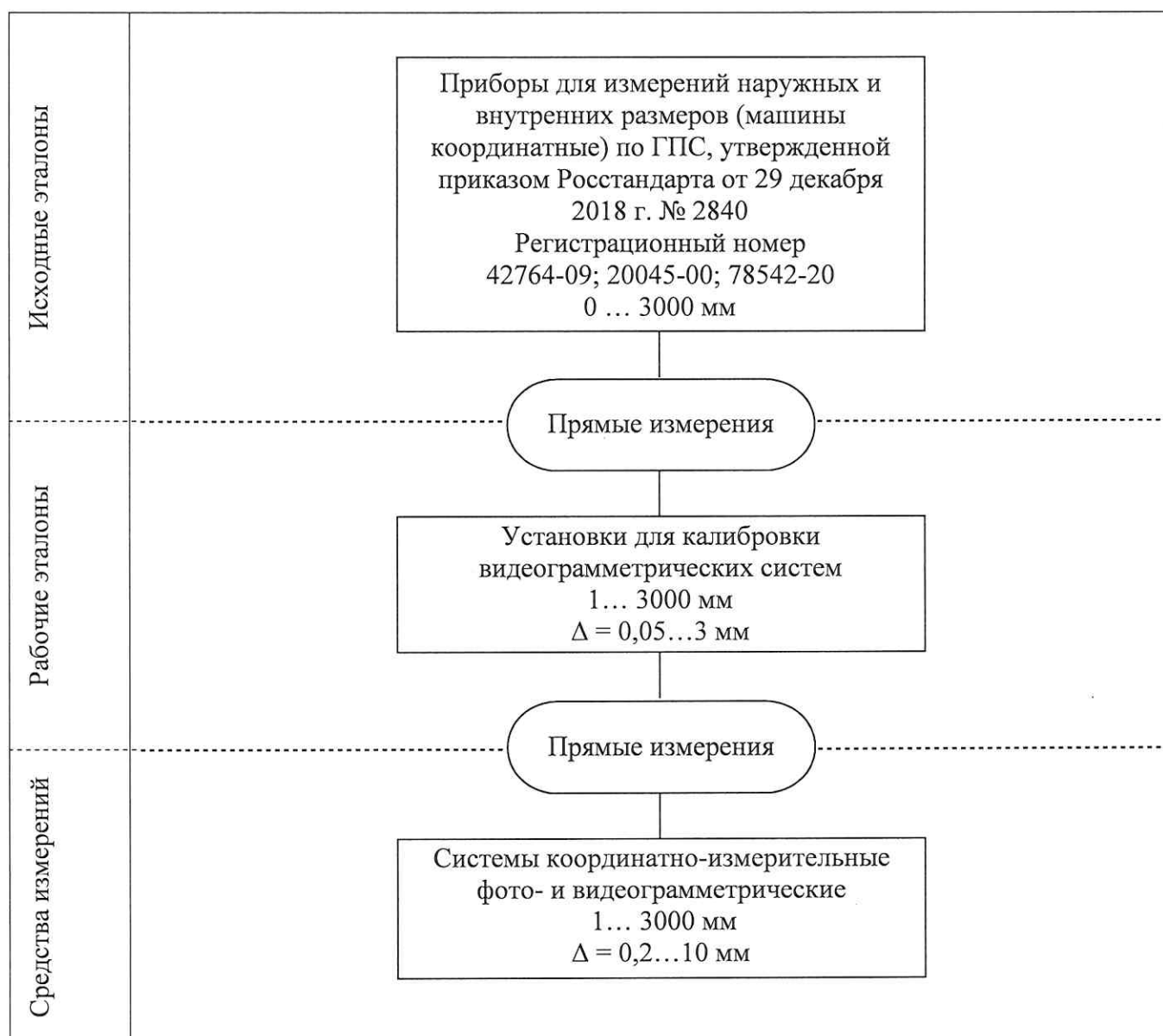
14.2 Протокол поверки оформляют по форме приложения Б.

14.3 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке, в котором должно быть приведено подтверждение соответствия обязательным требованиям к эталонам (заключение о соответствии требуемому уровню локальной поверочной схемы), в соответствии с которой установку планируется применять для поверки. Знак поверки наносят в паспорт установки и в свидетельство о поверке (в случае его оформления). Маркерная мера пломбируется в соответствии с указаниями описания типа.

14.4 При отрицательных результатах поверки оформляется извещение о непригодности к применению.

14.5 Результаты поверки установленным порядком передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единств измерений.

Приложение А  
(рекомендуемое)  
**Структура локальной поверочной схемы для систем  
фото- и видеограмметрических измерительных**



Приложение Б  
(рекомендуемое)

**Форма протокола первичной поверки**

**Протокол первичной (периодической) поверки  
установки для калибровки видеограмметрических систем УВГМ-80, заводской номер 001**

№ \_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_

**1 Применяемая методика поверки:** МП 4.27.028-2022

**2 Применяемые средства поверки:** \_\_\_\_\_

**3 Условия поверки:** \_\_\_\_\_

**4 Внешний осмотр показал:**

4.1 Маркировка и комплектность установки соответствуют/ не соответствует требованиям эксплуатационных документов.

4.2 Состав комплекта концевых мер установки должен соответствует/ не соответствует эксплуатационным документам.

4.3 Рабочие поверхности рельса оптической скамьи, базовых площадок маркерной меры соответствуют/ не соответствуют предъявляемым к ним требованиям (отсутствие глубоких царапин, впадин, забоин).

4.4 При рассмотрении в лупу маркерных меток дефекты покрытия (отслоения, царапины, загрязнения, стертость) обнаружены/ не обнаружены. Покрытие меток равномерное/ неравномерное, выходит/не выходит за контур нанесения.

4.5 Общее количество маркеров и их количество в каждом ряду маркерной меры в направлении осей ОХ и ОУ соответствует/ не соответствует указанному в эксплуатационной документации (во всех рядах меры – 80 шт. в каждом ряду в направлении оси ОХ – 10 шт., в каждом ряду в направлении оси ОУ – 8 шт.).

**5 При подготовке к поверке и опробовании установлено:**

5.1 Установка и комплект концевых мер в её составе выдержаны в помещении, где производится поверка, в течение \_\_\_\_\_ ч.

5.2 Установка подготовлена к работе в соответствии с её эксплуатационными документами.

5.3 Условия поверки соответствуют/не соответствуют требованиям методики поверки (см. п. 5).

5.4 Геометрические размеры установки выходят/ не выходят за пределы установленных в эксплуатационных документах.

5.5 Движение маркерной меры по рельсу оптической скамьи соответствует/ не соответствуют установленным требованиям (равномерность, плавность хода без рывков).

**6 Определены следующие метрологические характеристики установки:**

6.1 Расстояние между началом шкалы и центром любой маркерной метки в направлении осей OX и OY при температуре 20 °C и его отклонение от индивидуальных значений; основная абсолютная погрешность воспроизведения длины в направлении осей OX и OY в начальном положении маркерной меры (в отсутствии перемещения в направлении оси OZ); смещение нуля шкалы маркерной меры в направлении оси OZ

| В миллиметрах                                                                                                                                                           |                                                                                |              |                                                                                                                          |            |                                                                                                                                                                               |                       |                                                                        |                                                           |                                                                                                      |                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                 |                       |                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Номер<br>маркер-<br>ной<br>метки                                                                                                                                        | Координаты<br>центров маркерных<br>меток в ОСК при<br>температуре<br>измерений |              | Расстояние между началом шкалы и<br>центром любой маркерной метки в<br>направлении осей ОХ и ОУ при<br>температуре 20 °С |            | Отклонение от<br>индивидуальных<br>значений расстояния<br>между началом<br>шкалы и центром<br>любой маркерной<br>метки в направлении<br>осей ОХ и ОУ при<br>температуре 20 °С |                       | Смещение<br>нуля шкалы<br>маркерной<br>меры в<br>направлении<br>оси ОZ | Отклонение<br>от плоскост-<br>ности<br>маркерных<br>меток | Отклонение от<br>перпендику-<br>лярности оси<br>маркера и<br>плоскости<br>шкалы<br>маркерной<br>меры | Погрешность,<br>обусловленная<br>смещением<br>центра маркер-<br>ной метки<br>относительно<br>центра маркера<br>из-за отклонения<br>от перпендику-<br>лярности | Погрешность,<br>обусловленная<br>температурным<br>линейным расшире-<br>нием материала<br>маркерной меры |                 |                       | Основная<br>абсолютная<br>погрешность<br>воспроизведения<br>длины в направлении<br>осей ОХ и ОУ в<br>начальном<br>положении<br>маркерной меры |
|                                                                                                                                                                         |                                                                                |              |                                                                                                                          |            |                                                                                                                                                                               |                       |                                                                        |                                                           |                                                                                                      |                                                                                                                                                               | $\Delta_{i\max}$                                                                                        | $\Delta_i(X_i)$ | $\Delta_{i\max}(Y_i)$ |                                                                                                                                               |
| i                                                                                                                                                                       | $X'_{i22,5}$                                                                   | $Y'_{i22,5}$ | $X'_{i20}$                                                                                                               | $Y'_{i20}$ | $X'_{i20\text{ инд}}$                                                                                                                                                         | $Y'_{i20\text{ инд}}$ | $\Delta_{\text{инд}}(X_i)$                                             | $\Delta_{\text{инд}}(Y_i)$                                | $\Delta_{\text{инд}}(Z_i)$                                                                           | EPRi                                                                                                                                                          | $\Delta_{\text{EPR}i}$                                                                                  |                 |                       |                                                                                                                                               |
| 1                                                                                                                                                                       |                                                                                |              |                                                                                                                          |            |                                                                                                                                                                               |                       |                                                                        |                                                           |                                                                                                      |                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                 |                       |                                                                                                                                               |
| ...                                                                                                                                                                     |                                                                                |              |                                                                                                                          |            |                                                                                                                                                                               |                       |                                                                        |                                                           |                                                                                                      |                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                 |                       |                                                                                                                                               |
| 80                                                                                                                                                                      |                                                                                |              |                                                                                                                          |            |                                                                                                                                                                               |                       |                                                                        |                                                           |                                                                                                      |                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                 |                       |                                                                                                                                               |
| Допускаемое отклонение от индивидуальных значений<br>расстояния между началом шкалы и центром любой маркерной<br>метки в направлении осей ОХ и ОУ при температуре 20 °С |                                                                                |              |                                                                                                                          |            |                                                                                                                                                                               |                       | $\pm 0,1$                                                              |                                                           |                                                                                                      |                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                 |                       |                                                                                                                                               |
| Допускаемое смещение нуля шкалы маркерной меры в направлении оси ОZ                                                                                                     |                                                                                |              |                                                                                                                          |            |                                                                                                                                                                               |                       | $\pm 2$                                                                |                                                           |                                                                                                      |                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                 |                       |                                                                                                                                               |
| Пределы основной абсолютной погрешности воспроизведения длины в направлении осей ОХ и ОУ в начальном положении маркерной меры                                           |                                                                                |              |                                                                                                                          |            |                                                                                                                                                                               |                       |                                                                        |                                                           |                                                                                                      |                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                 |                       |                                                                                                                                               |
| $\pm 0,25$                                                                                                                                                              |                                                                                |              |                                                                                                                          |            |                                                                                                                                                                               |                       |                                                                        |                                                           |                                                                                                      |                                                                                                                                                               |                                                                                                         |                 |                       |                                                                                                                                               |

**6.2 Дополнительная абсолютная погрешности воспроизведения длины в направлении осей OX, OY при перемещении маркерной меры в направлении оси OZ и абсолютная погрешности воспроизведения перемещения маркерной меры в направлении оси OZ**

**6.2.1 Координаты центров маркерных меток, воспроизводимые при перемещении меры в направлении оси OZ**

В миллиметрах

| Заданное значение перемещения маркерной меры | Координаты центров маркерных меток 3-8 в ВСК |            |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|------------|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|
|                                              | оси ВСК                                      | прямой ход |    |    |    |    |    | обратный ход |    |    |    |    |    |
|                                              |                                              | №3         | №4 | №5 | №6 | №7 | №8 | №3           | №4 | №5 | №6 | №7 | №8 |
| 0                                            | X <sub>i</sub> '                             | —          | —  |    |    | —  | —  | —            | —  |    |    | —  | —  |
|                                              | Y <sub>i</sub> '                             | —          | —  |    |    | —  | —  | —            | —  |    |    | —  | —  |
|                                              | Z <sub>i</sub> '                             |            |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |
| ...                                          | X <sub>i</sub> '                             | —          | —  |    |    | —  | —  | —            | —  |    |    | —  | —  |
|                                              | Y <sub>i</sub> '                             | —          | —  |    |    | —  | —  | —            | —  |    |    | —  | —  |
|                                              | Z <sub>i</sub> '                             |            |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |

**6.2.2 Углы наклона к горизонтальной плоскости базовых площадок маркерной меры и их максимальное изменение при перемещении меры в направлении оси OZ**

**Угол наклона к горизонтальной плоскости базовой площадки 1 маркерной меры  $\varphi_z$  (относительно оси OZ)**

| Заданное значение перемещения, мм                                                             | Измеренное значение угла наклона $\varphi_z$ |              |            |              |            |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
|                                                                                               | 1 серия                                      |              | 2 серия    |              | 3 серия    |              |
|                                                                                               | прямой ход                                   | обратный ход | прямой ход | обратный ход | прямой ход | обратный ход |
| 0                                                                                             |                                              |              |            |              |            |              |
| ...                                                                                           |                                              |              |            |              |            |              |
| Максимальное изменение угла наклона маркерной меры при перемещении $\Delta\varphi_{z \max} =$ |                                              |              |            |              |            |              |

**Угол наклона к горизонтальной плоскости базовой площадки 2 маркерной меры  $\varphi_x$  (относительно оси OX)**

| Заданное значение перемещения, мм                                                             | Измеренное значение угла наклона $\varphi_x$ |              |            |              |            |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
|                                                                                               | 1 серия                                      |              | 2 серия    |              | 3 серия    |              |
|                                                                                               | прямой ход                                   | обратный ход | прямой ход | обратный ход | прямой ход | обратный ход |
| 0                                                                                             |                                              |              |            |              |            |              |
| ...                                                                                           |                                              |              |            |              |            |              |
| Максимальное изменение угла наклона маркерной меры при перемещении $\Delta\varphi_{x \max} =$ |                                              |              |            |              |            |              |



**6.2.3 Составляющие дополнительной абсолютной погрешности воспроизведения длины в направлении осей OX и OY и абсолютной погрешности воспроизведения длины в направлении оси OZ**

В миллиметрах

| Заданное значение перемещения маркерной меры, $l_z$ | Перемещение центров маркерных меток № 3-8 в направлении оси OZ, $l_z$ |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|
|                                                     | прямой ход                                                            |    |    |    |    |    | обратный ход |    |    |    |    |    |
|                                                     | №3                                                                    | №4 | №5 | №6 | №7 | №8 | №3           | №4 | №5 | №6 | №7 | №8 |
|                                                     |                                                                       |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |

В миллиметрах

| Заданное значение перемещения маркерной меры, $l_z$ | Ход маркерной меры | Смещение координат центров маркерных меток №5,6 в направлении осей OX и OY |    |                            |    | Отклонение перемещения центров маркерных меток №3-8 в направлении оси OZ |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|
|                                                     |                    | $\Delta_{\text{перем}}(X)$                                                 |    | $\Delta_{\text{перем}}(Y)$ |    | $\Delta l_z$                                                             |    |    |    |    |    |
|                                                     |                    | №5                                                                         | №6 | №5                         | №6 | №3                                                                       | №4 | №5 | №6 | №7 | №8 |
|                                                     | прямой             |                                                                            |    |                            |    |                                                                          |    |    |    |    |    |
|                                                     | обратный           |                                                                            |    |                            |    |                                                                          |    |    |    |    |    |

В миллиметрах

| Заданное значение перемещения маркерной меры | Ход маркерной меры | Погрешность воспроизведения перемещения в направлении оси OZ обусловленная угловыми смещениями плоскости шкалы маркерной меры относительно оси OY |                                | Максимальная погрешность воспроизведения длины в направлении оси OX, обусловленная угловыми смещениями плоскости шкалы маркерной меры относительно оси OY | Погрешность воспроизведения перемещения в направлении оси OZ, обусловленная угловыми смещениями плоскости шкалы маркерной меры относительно оси OY |                            |                            |                             |                             |
|----------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                              |                    | $\Delta_{\text{фy}}(l_z(3-8))$                                                                                                                    | $\Delta_{\text{фy}}(l_z(4-7))$ |                                                                                                                                                           | $\Delta_{\text{фy}}(X)_{\text{max}}$                                                                                                               | $\Delta_{\text{фy}}(l_z6)$ | $\Delta_{\text{фy}}(l_z8)$ | $\Delta_{\text{фy}}(l_z10)$ | $\Delta_{\text{фy}}(l_z40)$ |
| $l_z$                                        |                    |                                                                                                                                                   |                                |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                    |                            |                            |                             |                             |
|                                              | прямой             |                                                                                                                                                   |                                |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                    |                            |                            |                             |                             |
|                                              | обратный           |                                                                                                                                                   |                                |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                    |                            |                            |                             |                             |

В миллиметрах

|                                                                                                                                                                 |                                                 |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--|
| Максимальная погрешность воспроизведения длины в направлении оси OX, обусловленная угловыми смещениями плоскости шкалы маркерной меры относительно оси OZ       | $\Delta_{\Delta\text{фz}}(X_{10})_{\text{max}}$ |  |
|                                                                                                                                                                 | $\Delta_{\Delta\text{фz}}(X_{40})_{\text{max}}$ |  |
|                                                                                                                                                                 | $\Delta_{\Delta\text{фz}}(X_{80})_{\text{max}}$ |  |
| Максимальная погрешность воспроизведения длины в направлении оси OY, обусловленная угловыми смещениями плоскости шкалы маркерной меры относительно оси OZ       | $\Delta_{\text{фz}}(Y_6)_{\text{max}}$          |  |
|                                                                                                                                                                 | $\Delta_{\text{фz}}(Y_8)_{\text{max}}$          |  |
|                                                                                                                                                                 | $\Delta_{\text{фz}}(Y_{10})_{\text{max}}$       |  |
| Максимальная погрешность воспроизведения длины в направлении оси OY обусловленная угловыми смещениями плоскости шкалы маркерной меры относительно оси OX        | $\Delta_{\Delta\text{фx}}(Y)_{\text{max}}$      |  |
| Максимальная погрешность воспроизведения перемещения в направлении оси OZ, обусловленная угловыми смещениями плоскости шкалы маркерной меры относительно оси OX | $\Delta_{\Delta\text{фx}}(l_z6)_{\text{max}}$   |  |
|                                                                                                                                                                 | $\Delta_{\Delta\text{фx}}(l_z8)_{\text{max}}$   |  |
|                                                                                                                                                                 | $\Delta_{\Delta\text{фx}}(l_z10)_{\text{max}}$  |  |
|                                                                                                                                                                 | $\Delta_{\Delta\text{фx}}(l_z40)_{\text{max}}$  |  |
|                                                                                                                                                                 | $\Delta_{\Delta\text{фx}}(l_z80)_{\text{max}}$  |  |
| Максимальная погрешность, обусловленная температурным линейным расширением материала концевых мер длины                                                         | $\Delta t(l_z)_{\text{max}}$                    |  |

## 6.2.4 Дополнительная абсолютная погрешность воспроизведения длины в направлении осей OX и OY при перемещении маркерной меры в направлении оси OZ

В миллиметрах

| Заданное значение перемещения маркерной меры | Ход маркерной меры | Дополнительная абсолютная погрешность воспроизведения длины в направлении оси OX при перемещении маркерной меры в направлении оси OZ |                    |                    | Пределы допускаемой дополнительной погрешности воспроизведения длины в направлении оси OX при перемещении маркерной меры в направлении оси OZ |                          |                          | Дополнительная абсолютная погрешность воспроизведения длины в направлении оси OY при перемещении маркерной меры в направлении оси OZ |                 |                    | Пределы допускаемой дополнительной погрешности воспроизведения длины в направлении оси OY при перемещении маркерной меры в направлении оси OZ |                       |                          |
|----------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
|                                              |                    | $\Delta_c(X_{10})$                                                                                                                   | $\Delta_c(X_{40})$ | $\Delta_c(X_{80})$ | $\Delta_{с доп}(X_{10})$                                                                                                                      | $\Delta_{с доп}(X_{40})$ | $\Delta_{с доп}(X_{80})$ | $\Delta_c(Y_6)$                                                                                                                      | $\Delta_c(Y_8)$ | $\Delta_c(Y_{10})$ | $\Delta_{с доп}(Y_6)$                                                                                                                         | $\Delta_{с доп}(Y_8)$ | $\Delta_{с доп}(Y_{10})$ |
| $l_{z3}$                                     |                    |                                                                                                                                      |                    |                    |                                                                                                                                               |                          |                          |                                                                                                                                      |                 |                    |                                                                                                                                               |                       |                          |
|                                              | прямой             |                                                                                                                                      |                    |                    |                                                                                                                                               |                          |                          |                                                                                                                                      |                 |                    |                                                                                                                                               |                       |                          |
|                                              | обратный           |                                                                                                                                      |                    |                    |                                                                                                                                               |                          |                          |                                                                                                                                      |                 |                    |                                                                                                                                               |                       |                          |

## 6.2.5 Отклонение длины концевых мер (от 1 до 50 мм) от номинального значения

В миллиметрах

| Длина концевых мер   |                     | Отклонение длины от номинального значения |
|----------------------|---------------------|-------------------------------------------|
| номинальное значение | измеренное значение |                                           |
| $l_{ном}$            | $l_{изм}$           | $\Delta l_{кнд}$                          |
| 1                    |                     |                                           |
| ...                  |                     |                                           |
| 50                   |                     |                                           |

## 6.2.6 Абсолютная погрешность воспроизведения перемещения в направлении оси OZ

В миллиметрах

| Заданное значение перемещения маркерной меры                              | Ход маркерной меры | Абсолютная погрешность воспроизведения перемещения в направлении оси OZ |                    |                     |                     |                     |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                                                           |                    | $\Delta_0(l_{z6})$                                                      | $\Delta_0(l_{z8})$ | $\Delta_0(l_{z10})$ | $\Delta_0(l_{z40})$ | $\Delta_0(l_{z80})$ |
| $l_{z3}$                                                                  |                    |                                                                         |                    |                     |                     |                     |
| -1                                                                        |                    |                                                                         |                    |                     |                     |                     |
| ...                                                                       |                    |                                                                         |                    |                     |                     |                     |
| -600                                                                      |                    |                                                                         |                    |                     |                     |                     |
| Пределы абсолютной погрешности воспроизведения длины в направлении оси OZ |                    |                                                                         |                    |                     |                     |                     |

## 7 Результаты поверки

7.1 По результатам первичной (периодической) поверки установка признается соответствующей установленным в описании типа метрологическим требованиям и пригодной к дальнейшему применению / несоответствующей установленным в описании типа метрологическим требованиям и непригодной к дальнейшему применению.

7.2 Метрологические характеристики установки соответствуют / не соответствуют требованиям к рабочим эталонам локальной поверочной схемы ФАУ «ЦАГИ» для систем фото- и видеogramметрических измерительных, утвержденной ФАУ «ЦАГИ».

Исполнители:

(Должность)

(Подпись)

(Расшифровка подписи)

### **Библиография**

- [1] Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»
- [2] Локальная поверочная схема ФАУ «ЦАГИ» для систем фото- и видеограмметрических измерительных, утвержденная ФАУ «ЦАГИ» 05.04.2022
- [3] Приказ Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2840 (с изм. от 15.08.2022) 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.
- [4] Положение об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. N 734