

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «15» марта 2021 г. № 314

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ОТКЛОНЕНИЙ
ОТ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ И ПЛОСКОСТНОСТИ**

1. Область применения

Государственная поверочная схема для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности устанавливает порядок передачи единицы¹ длины от государственного первичного специального эталона единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности с помощью вторичных и рабочих эталонов средствам измерений с указанием погрешностей и основных методов поверки.

Допускается проводить поверку рабочих разрядных эталонов и средств измерений с применением эталонов более высокой точности, чем предусмотрено настоящей государственной поверочной схемой.

Графическая часть Государственной поверочной схемы для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности представлена в приложении А.

2. Нормативные ссылки

В настоящей поверочной схеме использованы нормативные ссылки на следующие документы:

Государственная поверочная схема 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, утвержденная приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2840

Государственная поверочная схема для средств измерений плоского угла, утвержденная приказом Росстандарта от 26.11.2018 № 2482, с изменением от 29.04.2019 № 1018 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений плоского угла»

ГОСТ 8026-92 Линейки поверочные. Технические условия

ГОСТ 9392-89 Уровни рамные и брусковые. Технические условия

ГОСТ 10905-86 Плиты поверочные и разметочные. Технические условия

ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики (методы) измерений

РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения

П р и м е ч а н и е – При использовании Государственной поверочной схемы целесообразно проверять действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при использовании государственной поверочной схемы следует руководствоваться заменяющим измененным документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

¹ Передача единицы с помощью вторичных и рабочих эталонов осуществляется при поверке, испытаниях средств измерений, аттестации методик измерений, контроле точности измерений, выполняемых по аттестованным методикам (термины и соответствующие определения установлены в РМГ 29 и ГОСТ Р 8.563).

3. Сокращения и обозначения

3.1 Сокращения:

ГПСЭ – государственный первичный специальный эталон;

ВЭТ – вторичный эталон

СКО – среднее квадратическое отклонение

ГПС Плоского угла - Государственная поверочная схема для средств измерений плоского угла, утвержденная приказом Росстандарта от 26.11.2018 № 2482

ГПС Длины и длин волн - Государственная поверочная схема 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, утвержденная приказом Росстандарта от 29.12.2018 № 2840

блоки типа ИПБ – блоки инструментально-поверочные из твердокаменных пород типа ИПБ.

3.2 Обозначения:

S – среднее квадратическое отклонение;

Δ – пределы допускаемой абсолютной погрешности;

δ – доверительные границы абсолютной погрешности;

Θ – неисключенная систематическая погрешность;

L – длина измеряемой поверхности, м;

H – отклонение от прямолинейности и плоскостности, мкм;

u_A – стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А;

u_B – стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В.

4. Государственный первичный специальный эталон

4.1 ГПСЭ предназначен для хранения, воспроизведения и передачи единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности.

4.2 ГПСЭ состоит из комплекса следующих средств измерений:

- мост твердокаменный специальный «Трасса» с длиной рабочей поверхности 5 м;
- система измерительная стационарная, состоящая из автоколлиматора с зеркалом и каретки измерительной с дистанционным управлением;
- система измерительная автономная на базе электронных уровней;
- система измерительная мобильная на базе электронных уровней;
- система измерительная интерференционная на базе лазерной системы.

4.3 Диапазон значений отклонений от прямолинейности и плоскостности - H , в котором воспроизводится единица в диапазоне длин измеряемых поверхностей от 0 до 5 м включительно, составляет (0-50) мкм.

ГПСЭ обеспечивает воспроизведение единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности в диапазоне длин измеряемых поверхностей от 0 до 4 м включительно со средним квадратическим отклонением среднего арифметического результата измерений - S , не превышающим $0,07 \cdot L$ мкм при 10 независимых измерениях.

Неисключенная систематическая погрешность при доверительной вероятности 0,95 - $\Theta_{(0,95)}$, не превышает $0,10 \cdot L$ мкм.

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А - u_A , не превышает $0,07 \cdot L$ мкм, при 10 независимых измерениях

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В - u_B , не превышает $0,07 \cdot L$ мкм.

4.4 Диапазон значений отклонений от прямолинейности и плоскостности - H , в котором ГПСЭ передаёт единицу в диапазоне длин измеряемых поверхностей свыше 5 до 30 м включительно, составляет (0-1000) мкм.

ГПСЭ обеспечивает воспроизведение единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности в диапазоне длин измеряемых поверхностей свыше 5 до 30 м со средним квадратическим отклонением среднего арифметического результата измерений - S , не превышающим $0,16 \cdot L$ мкм при 10 независимых измерениях.

Неисключенная систематическая погрешность при доверительной вероятности 0,95 - $\Theta_{(0,95)}$, не превышает $0,015 \cdot H$ мкм.

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу А - u_A , не превышает $0,16 \cdot L$ мкм при 10 независимых измерениях.

Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу В - u_B , не превышает $0,009 \cdot H$ мкм.

4.5 ГПСЭ применяют для установления эквивалентности эталонов Национальных метрологических институтов (НМИ) стран, подписавших CIPM MRA, а также для передачи единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности ВЭТ с длиной рабочей поверхности до 4 м и отклонением от прямолинейности до 15 мкм, рабочим эталонам 1-го разряда в том числе линейкам оптическим 1-го разряда с ценой деления 0,5 и 1,0 мкм, приборам автоматическим автоколлимационным и гравитационным, системам лазерным измерительным с комплектом оптических элементов для измерений отклонений от прямолинейности на длине до 5 м - методом прямых измерений и системам лазерным измерительным с комплектом оптических элементов для измерений отклонений от прямолинейности на длине до 30 м методом непосредственных сличений.

4.6 В качестве компаратора при проведении сличений применяется мобильная измерительная система ГПСЭ. Диапазон измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности мобильной измерительной системы ГПСЭ составляет (0-50) мкм. Доверительные границы суммарной абсолютной погрешности мобильной измерительной системы при доверительной вероятности 0,95 - $\Delta_{\Sigma(0,95)}$, не превышают 0,20 мкм/м.

5. Вторичные эталоны

5.1 В качестве вторичных эталонов применяют комплексы средств измерений, состоящие из моста твердокаменного с длиной рабочей поверхности

от 2 до 4 м и измерительной системы, включающей два автоколлиматора с ценой деления 0,2", каретку измерительную с двумя зеркальными отражателями, или два уровня электронных с ценой деления 0,2", каретку измерительную и механизм перемещения каретки. Допускаемое отклонение от прямолинейности и плоскостности – H , составляет 15 мкм.

5.2 СКО суммарной погрешности результатов сличений ВЭТ с ГСПЭ должно быть не более 0,2 мкм/м.

5.3 ВЭТ применяют для передачи единицы:

- приборам автоматическим автоколлимационным и гравитационным 1-го разряда с доверительными границами абсолютной погрешности $\delta = \pm(0,5 \pm 0,2 \cdot L)$ мкм, линейкам оптическим 1-го разряда с ценой деления 0,5 и 1,0 мкм и системам лазерным измерительным с комплектом оптических элементов для измерений отклонений от прямолинейности 1-го разряда на длине до 4 м - методом прямых измерений;

- линейкам поверочным типов ШП, ШПХ, ШП-ТК и ШД 2-го разряда, а также средствам измерений - линейкам поверочным типов ШП, ШПХ, ШП-ТК и ШД классов точности 0 и 01 по ГОСТ 8026 - методом сличения при помощи компаратора;

- средствам измерений - линейкам оптическим с ценой деления 0,5 и 1,0 мкм, автоматическим автоколлимационным и гравитационным приборам с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\Delta = \pm(1 + 0,5 \cdot L + 0,02 \cdot H)$ мкм, а также интерферометрам лазерным с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\Delta = \pm(1,5 \cdot L)$ мкм - методом прямых измерений.

6. Рабочие эталоны

6.1 Рабочие эталоны, заимствованные из других поверочных схем

6.1.1 В качестве рабочих эталонов, заимствованных из других поверочных схем, применяют экзаменаторы 1-го и 2-го разрядов, автоколлиматоры 1-го и 2-го разрядов в соответствии с ГПС плоского угла и меры длины концевые плоскопараллельные 2-го разряда в соответствии с ГПС длины и длин волн.

6.1.2 Экзаменаторы 1-го разряда совместно с мерами длины концевыми плоскопараллельными 2-го разряда применяют для передачи единицы уровням электронным с ценой деления 0,1" (0,5 мкм/м) и 0,2" (1,0 мкм/м) 1-го разряда, а также для проверки средств измерений - автоколлиматоров с измерительной кареткой с ценой деления 0,20" (1,0 мкм/м) и 0,25" (1,25 мкм/м) и уровней электронных с ценой деления 0,1" (0,5 мкм/м) и 0,2" (1,0 мкм/м) - методом прямых измерений.

6.1.3 Экзаменаторы 1-го разряда применяют для передачи единицы уровням электронным с ценой деления 0,5" (2,5 мкм/м) и 1,0" (5,0 мкм/м) 2-го разряда, а также для проверки средств измерений - автоколлиматоров с измерительной кареткой с ценой деления 0,5" (2,5 мкм/м) и 1,0" (5,0 мкм/м) и уровней электронных с ценой деления 0,5" (2,5 мкм/м) и 1,0" (5,0 мкм/м) - методом прямых измерений.

6.1.4 Экзаменаторы 2-го разряда применяют для передачи единицы микроинвелярам типа МН-2 и уровням брусковым с ценой деления 0,02 мм/м 2-го разряда, а также для поверки средств измерений - микроинвеляров типа МН-2 и уровней брусковых с ценой деления 0,02 мм/м по ГОСТ 9392 - методом прямых измерений.

6.1.5 Автоколлиматоры 1-го разряда применяют для передачи единицы линейкам поверочным ШМ, ШМ-ТК, блокам типа ИПБ и плитам поверочным 2-го разряда методом косвенных измерений, а также для поверки методом косвенных измерений средств измерений: линеек поверочных типов ШП-ТК, ШМ, УТ-ТК и ШМ-ТК класса точности 0 и 01 по ГОСТ 8026, плит поверочных классов точности 000, 00 и 0 по ГОСТ 10905 и блоков типа ИПБ. Автоколлиматоры применяют с вспомогательным оборудованием - кареткой измерительной (каретка измерительная состоит из основания, на которое устанавливают зеркало автоколлиматора и двух опор). Расстояние между серединами измерительных поверхностей опор устанавливают с точностью ± 1 мм. Измерительные поверхности опор могут иметь как плоскую, так и цилиндрическую форму. Измерительные поверхности опор должны лежать в одной плоскости. Перекос измерительных поверхностей - не более 5 мкм. Отклонение от прямолинейности поверхности каретки на которую устанавливают зеркало автоколлиматора в продольном направлении не более 20 мкм, в поперечном направлении - не более 4 мкм (выпуклость не допускается). Отклонение от параллельности поверхности каретки на которую устанавливают зеркало автоколлиматора к плоскости, касательной к измерительным поверхностям опор - не более 10 мкм.

6.1.6 Автоколлиматоры 2-го разряда применяют для передачи единицы линейкам поверочным ШМ, ШМ-ТК, блокам типа ИПБ 3-го разряда и для поверки средств измерений: линеек поверочных типов ШМ, ШМ-ТК, УТ и УТ-ТК классов точности 01 и 1 по ГОСТ 8026 и плит поверочных класса точности 1 по ГОСТ 10905 методом косвенных измерений с использованием каретки измерительной по 6.1.5.

6.2 Рабочие эталоны 1-го разряда

6.2.1 В качестве рабочих эталонов 1-го разряда применяют линейки оптические с ценой деления 0,5 и 1,0 мкм, длиной от 0,15 до 1,6 м, приборы автоматические автоколлимационные и гравитационные, системы лазерные измерительные с комплектом оптических элементов для измерений отклонений от прямолинейности, а также уровни электронные с ценой деления 0,1" (0,5 мкм/м) и 0,2" (1,0 мкм/м) и системы лазерные измерительные с комплектом оптических элементов для измерений угловых перемещений и основанием для измерений отклонений от прямолинейности или измерительной кареткой по 6.1.5.

6.2.2 Доверительные границы абсолютной погрешности линеек оптических 1-го разряда при доверительной вероятности 0,95 составляют $\delta = \pm 0,5$ мкм и $\delta = \pm 1,0$ мкм. Диапазон измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности составляет 0,4 и 0,8 мм.

Доверительные границы абсолютной погрешности приборов автоматических автоколлимационных и гравитационных при доверительной вероятности 0,95 должны быть не более $\delta = \pm(0,5 + 0,2 \cdot L)$ мкм.

Пределы допускаемой погрешности систем лазерных измерительных с комплектом оптических элементов для измерений отклонений от прямолинейности $\pm(0,005 \cdot H + 0,5 + 0,15 \cdot L^2)$ мкм, где H отклонение от прямолинейности, мкм, L – длина измеряемого объекта (от 0,1 до 4 м), м и $\pm(0,025 \cdot H + 5 + 0,015 \cdot L^2)$ мкм, где H отклонение от прямолинейности, мкм, L – длина измеряемого объекта (от 0,1 до 30 м), м

Доверительные границы абсолютной погрешности уровней электронных и систем лазерных измерительных с комплектом оптических элементов для измерений угловых перемещений при доверительной вероятности 0,95 составляют $\delta = \pm 0,3''$ ($\pm 1,5$ мкм/м).

6.2.3 Рабочие эталоны 1-го разряда применяют для передачи единицы линейкам поверочным ШД, ШП, ШПХ, ШМ, ШМ-ТК, блокам типа ИПБ и плитам поверочным 2-го разряда методами прямых или косвенных измерений, а также для поверки методами прямых и косвенных измерений средств измерений: линеек поверочных типов ШП, ШПХ, ШД, ШМ, УТ и ШМ-ТК класса точности 0 по ГОСТ 8026, плит поверочных классов точности 00 и 0 по ГОСТ 10905 и блоков типа ИПБ, а также труб визирных непосредственным сличением.

6.3 Рабочие эталоны 2-го разряда

6.3.1 В качестве рабочих эталонов 2-го разряда применяют линейки поверочные типов ШП, ШПХ, ШД, ШМ и ШМ-ТК класса точности 0 по ГОСТ 8026 при длине линеек до 1600 мм и класса точности 01 – при длине линеек 2000 мм и более, блоки типа ИПБ из твердокаменных пород, плиты поверочные классов точности 0 и 1 по ГОСТ 10905, уровни электронные с ценой деления 0,5'' (2,5 мкм/м) и 1,0'' (5,0 мкм/м), микроnivelеры типа МН-2 и уровни брусковые с ценой деления 0,02 мм/м, линейки поверочные типов ШД, ШП, ШП-ТК и ШПХ класса точности 01 по ГОСТ 8026.

6.3.2 Доверительные границы абсолютной погрешности рабочих эталонов 2-го разряда: блоков типа ИПБ, плит поверочных классов точности 0 и 1, линеек поверочных типов ШП, ШПХ, ШД, ШМ, ШМ-ТК, ШП-ТК и ШПХ при доверительной вероятности 0,95 составляют от $\pm(0,5 + 0,5 \cdot L + 0,01 \cdot H)$ до $\pm(1,5 + 0,8 \cdot L + 0,02 \cdot H)$ мкм; уровней электронных с ценой деления 0,5'' (2,5 мкм/м) и 1,0'' (5,0 мкм/м), микроnivelеров типа МН-2 и уровней брусковых с ценой деления 0,02 мм/м при доверительной вероятности 0,95 составляют $\delta = \pm 1''$ (± 5 мкм/м).

6.3.3 Рабочие эталоны 2-го разряда применяют для передачи единицы линейкам поверочным ШМ, ШМ-ТК, ШД, ШП, ШПХ, блокам типа ИПБ, оптическим плоскомерам и гидростатическим уровням 3-го разряда и для поверки средств измерений: линеек поверочных типов ШП, ШПХ, ШД, ШМ, ШМ-ТК, УТ и УТ-ТК классов точности 01 и 1 по ГОСТ 8026 и плит поверочных класса точности 1 по ГОСТ 10905 методами прямых и косвенных измерений, или сличением при

помощи компаратора (головки измерительной с ценой деления 1 мкм со специальными приспособлениями).

6.4 Рабочие эталоны 3-го разряда

6.4.1 В качестве рабочих эталонов 3-го разряда применяют линейки поверочные типов ШП, ШПХ, ШД, ШМ и ШМ-ТК класса точности 1 по ГОСТ 8026, плоскомеры оптические с ценой деления 1 мкм, уровни гидростатические с ценой деления 10 мкм, а также линейки поверочные типа ШМ и блоки типа ИПБ.

6.4.2 Доверительные границы абсолютной погрешности рабочих эталонов 3-го разряда при доверительной вероятности 0,95 составляют от $\pm(1 + 1 \cdot L + 0,02 \cdot H)$ до $\pm(10 + 5 \cdot L)$ мкм.

6.4.3 Рабочие эталоны 3-го разряда применяют для поверки средств измерений методом прямых измерений или сличением при помощи компаратора (головки измерительной с ценой деления 1 и 2 мкм со специальными приспособлениями).

7. Средства измерений

7.1 В качестве средств измерений применяют линейки оптические с ценой деления 0,5 и 1,0 мкм, плоскомеры оптические с ценой деления 1 мкм, автоколлиматоры с измерительной кареткой с ценой деления от 0,2" до 1,0", приборы автоматические автоколлимационные и гравитационные, уровни электронные с ценой деления от 0,1" (0,0005 мм/м) до 1,0" (0,005 мм/м), микроинивелиры типа МН-2, уровни брусковые с ценой деления не более 5" (0,025 мм/м), уровни гидростатические с ценой деления 10 мкм, трубы визирные, системы лазерные измерительные, блоки типа ИПБ, контрольные трассы длиной до 30 м, линейки поверочные и плиты поверочные всех типов, размеров и классов точности по ГОСТ 8026 и ГОСТ 10905.

7.2 Пределы допускаемых абсолютных погрешностей средств измерений составляют от $\pm(0,5 + 0,005 \cdot H)$ до ± 1000 мкм.