

СОГЛАСОВАНО
Главный метролог ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



В.А. Лапшинов

М.п.

«13» сентября 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Плиты поверочные и разметочные Micron

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-393-2024

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки плит поверочных и разметочных Micron (далее – плиты), предназначенных для проверки отклонения от плоскостности, а также использования в качестве установочной поверхности при сборке и для работы по методу «пятен на краску», измерениях и поверке средств измерений в качестве вспомогательного оборудования в условиях цехов и лабораторий машиностроительного комплекса, и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические и технические требования, приведенные в таблицах А.1 и А.2 Приложения А.

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единиц величин поверяемому средству измерений в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 марта 2021 г. № 314 от следующего государственного первичного эталона: гэт130-2019 – Государственный первичный специальный эталон единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности.

1.4 Настоящая методика поверки применяется для поверки плит, используемых в качестве рабочих средств измерений в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности.

1.5 В методике поверки реализованы следующие методы передачи единиц: метод прямых измерений, метод косвенных измерений.

2 Перечень операций поверки средств измерений

2.1 При проведении поверки средств измерений (далее – поверка) должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки	Обязательность выполнения операций поверки при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	8.1	Да	Да
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	8.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	9	–	–
Определение шероховатости рабочих поверхностей	9.1	Да	Нет
Определение качества шабровки ¹⁾	9.2	Да	Да

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Определение отклонения от плоскостности рабочей поверхности	9.3	Да	Да
¹⁾ Качество шабровки у плит, находящихся в эксплуатации, проверяют только в том случае, если они предназначены для работы по методу «пятен на краску».			

2.2 Последовательность проведения операций поверки обязательна.

2.3 При получении отрицательного результата любой из операций по таблице поверку прекращают, средство измерений признают непригодным к применению и переходят к оформлению результатов поверки в соответствии с п. 11 настоящей методики.

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении испытаний должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °С:
 - модификации КЛ.00, КЛ.0, КЛ.1 от плюс 16 до плюс 24
 - модификации КЛ.2, КЛ.3 от плюс 14 до плюс 26
- относительная влажность воздуха, %, не более 80
- допускаемое изменение температуры в течение 1 часа, °С 0,5

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются специалисты организации, аккредитованной в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений данного вида, имеющие необходимую квалификацию, ознакомленные с настоящей методикой поверки и с эксплуатационной документацией на поверяемое средство измерения и на используемые средства поверки.

Для проведения поверки достаточно одного поверителя.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п.8.1 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °С до +25 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 0 % до 80 % с погрешностью не более ± 3 %	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7М 5-Д, рег. № 71394-18

Продолжение таблицы 2

1	2	3
п.8.2 Опробование	Детали из низкоуглеродистой стали массой до 0,2 г	Частицы из низкоуглеродистой стали массой от 0,1 до 0,2 г
п.9.1 Определение шероховатости рабочих поверхностей	Средства измерений параметра шероховатости Ra по ГОСТ 2789-73 от 0,32 до 5 мкм, пределы допускаемой погрешности измерений не более 15 %	Приборы для измерений параметров шероховатости серии 178 модификации Surftest SJ-210, рег. № 54174-13
п.9.2 Определение качества шабровки ¹⁾	Плиты поверочные и разметочные размер не более 630×400 мм с допуском плоскостности не более 8 мкм	Плиты поверочные и разметочные 400×400 мм, исполнение 3, КТ 0, рег. № 76927-19
	Эталоны единицы длины в области измерений отклонений от плоскостности, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 марта 2021 г. № 314 (Линейки поверочные с широкой рабочей поверхностью длиной не более 1000 мм и с отклонением от плоскостности не более 10 мкм)	Линейки поверочные с широкой рабочей поверхностью, мостики ШМ ТК-1000, КТ 1, рег. № 12366-05
	Рамка стальная с размерами 25×25 мм	Рамка стальная
	Краска для шабрения	Краска для шабрения «Берлинская лазурь»
п.9.3 Определение отклонения от плоскостности рабочей поверхности ²⁾	Эталоны единицы плоского угла, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 1 разряда по государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Росстандарта от 26 ноября 2018 г. № 2482 (Автоколлиматоры с доверительной абсолютной погрешностью не более 0,3")	Автоколлиматоры АК-У, мод. АК-02У, рег. № 77933-20
	Измерительная каретка в соответствии с требованиями Приложения Б	Измерительная каретка

Продолжение таблицы 2

1	2	3
п.9.3 Определение отклонения от плоскостности рабочей поверхности ²⁾	Эталоны единицы длины в области измерений отклонений от плоскостности, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 марта 2021 г. № 314 (Уровни электронные с доверительной абсолютной погрешностью не более 1")	Уровни электронные М-050, мод. М-050-03, рег. № 40611-09
	Эталоны единицы длины в области измерений отклонений от плоскостности, соответствующие требованиям к эталонам 3 разряда по государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 марта 2021 г. № 314 (Линейки поверочные с широкой рабочей поверхностью с отклонением от плоскостности от 8 до 25 мкм)	Линейки поверочные ШД 630, 1000, 1600, 2000, 2500, КТ 1, рег. № 3617-73
	Приспособление ПК-08 в соответствии с требованиями Приложения В	Приспособление ПК-08
	Головки измерительные типа 1ИГ с пределами измерений $\pm 0,05$ мм с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,4$ мкм	Головки измерительные рычажно-зубчатые 1ИГ, рег. № 2681-70
¹⁾ Только для плит исполнений 1 и 2. ²⁾ Информация о рекомендуемых средствах поверки, для конкретных размеров и модификаций плит, описана в методиках, приведенных в п.п. 9.3.9 – 9.3.11. Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, позволяющие определять метрологические характеристики с требуемой точностью.		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При подготовке к проведению поверки следует соблюдать правила пожарной безопасности, установленные для работы с легковоспламеняющимися жидкостями, к которым относится бензин, используемый для промывки.

6.2 Бензин хранят в металлической посуде с плотно закрытой металлической крышкой в количестве не более однодневной нормы, требуемой для промывки.

6.3 Промывку производят в резиновых технических перчатках типа II по ГОСТ 20010-93.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие средств измерений следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида средства измерений описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- наличие маркировки согласно описанию типа;
- отсутствие на поверхности плит, выпускаемых из производства, трещин, раковин, выбоин, посторонних включений и других дефектов, снижающих качество. Для плит, находящихся в эксплуатации, допускается наличие забоин, вмятин и царапин, не выступающих над рабочей поверхностью и не влияющих на эксплуатационные качества;
- отсутствие исправлений дефектов на рабочей поверхности у гранитных плит;
- отсутствие неоднородности материала и цвета гранитных плит, влияющих на их эксплуатационные качества.

7.2 Комплектность плиты должна соответствовать указанной в описании типа.

7.3 Результаты внешнего осмотра считают положительными, если выполнены все требования п. 7.1 – 7.2 настоящей методики поверки.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

Плита должна быть тщательно промыта бензином – растворителем марки БР-1 по ГОСТ 443 или другим обезжиривающим средством, протерта сухой салфеткой и выдержана в помещении, где проводят поверку, не менее 12 ч.

Плиты размером 1000×630 мм и более, находящиеся в эксплуатации, устанавливают на фундаменты или опорные тумбы и их поверку проводят непосредственно на рабочем месте.

При определении отклонения от плоскостности плиты, рабочая поверхность плиты должна быть установлена в горизонтальное положение. Для проверки горизонтальности используют брусковый уровень с ценой деления 0,02 мм/м по ГОСТ 9392-89. Смещение пузырька уровня относительно нуля-пункта в центре плиты не должно превышать двух делений шкалы. На остальных участках поверхности пузырек должен находиться в пределах шкалы уровня.

Если смещения пузырька превышают указанные, проводят регулировку положения плиты, изменяя высоту опор. В этом случае поверку плит размером 630×400 мм и более модификаций КЛ.2 или КЛ.3 проводят не ранее чем через 12 ч после окончания регулировки, а модификаций КЛ.00, КЛ.0 и КЛ.1 – не ранее чем через 24 ч.

На листе бумаги чертят план рабочей поверхности плиты с указанием сечений и точек, в которых будут проводиться измерения для определения отклонения от плоскостности плиты (см., например, рисунок 1). Число сечений и проверяемых точек в них выбирают в соответствии с п.п. 9.3.2 и 9.3.3.

На боковых поверхностях плиты мелом или цветными карандашами наносят отметки напротив проверяемых точек в соответствии с планом.

При определении отклонения от плоскостности сличением с эталонными поверочными линейками следует также нанести отметки на боковых поверхностях линейек в соответствии с отметками на плите. Если проверяемые точки в продольных и поперечных сечениях расположены на разных расстояниях, а для измерений используют одну линейку, то отметки для них должны отличаться.

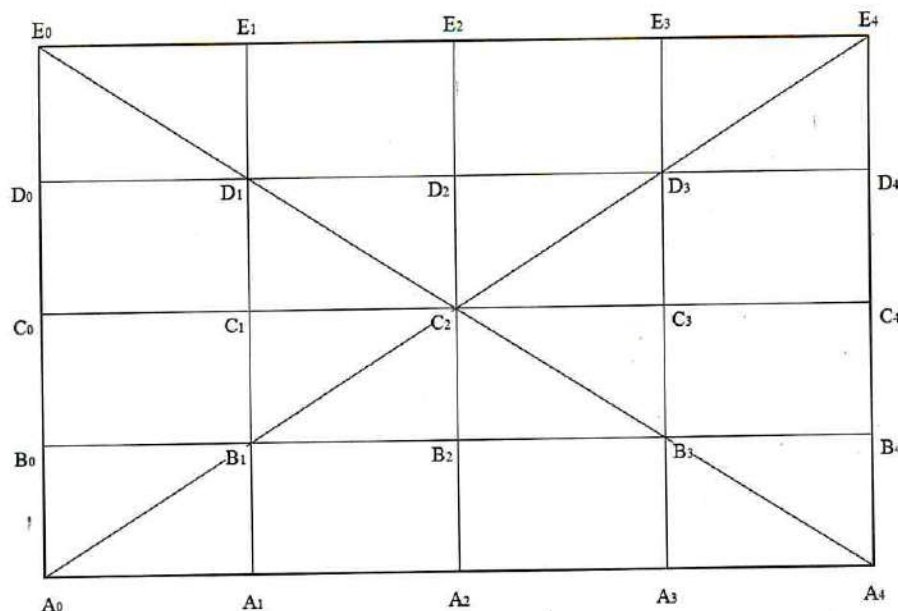


Рисунок 1 – Пример плана поверхности с обозначением проверяемых точек и сечений

8.1 Контроль условий поверки

Перед проведением поверки поверяемое средство измерений и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них, и выдержаны не менее 3 часов в условиях, приведённых в п. 3 настоящей методики.

8.2 Опробование

8.2.1 При опробовании проверяется размагниченность плит.

Размагниченность плит из чугуна проверяют с помощью мелких частиц из низкоуглеродистой стали. Частицы не должны прилипать к поверхности плиты.

8.2.2 Результаты опробования считать положительными, если при проверке размагниченности частицы не прилипают к поверхности плиты.

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

9.1 Определение шероховатости рабочих поверхностей

9.1.1 Шероховатость рабочих поверхностей определяют прибором для измерения шероховатости поверхности. Измерения проводят не менее чем на пяти участках для плит размером до 1000×630 мм и не менее чем на десяти – для плит большего размера.

9.1.2 При измерении шероховатости поверхности плит из гранита профилометром не следует учитывать результаты, значительно отличающиеся от остальных вследствие влияния на них пористости поверхности. Последнее обнаруживается по резкому скачку показаний прибора в момент попадания щупа на пору.

9.1.3 Результаты поверки считают положительными, если параметр шероховатости R_a рабочих поверхностей соответствует значениям, указанным в таблице А.2 Приложения А.

9.2 Определение качества шабровки

9.2.1 Качество шабровки проверяют как у плит с ручной шабровкой, так и у плит, поверхность которых разбивается на пятна механическим способом. При этом определяют число пятен и равномерность их распределения на рабочей поверхности плиты.

9.2.2 Проверку осуществляют сличением «на краску» с рабочей поверхностью плиты размером не более 630×400 мм или поверочной линейки длиной не более 1000 мм, допуск плоскостности которых выше допуска плоскостности поверяемой плиты.

9.2.3 Одна из боковых сторон эталонной плиты или линейки должна быть не менее расстояния между проверяемыми точками.

9.2.4 Рабочую поверхность эталонной плиты или линейки покрывают тонким слоем краски для шабровки. Поместив эталонную плиту или линейку на рабочую поверхность поверяемой плиты, смещают ее несколько раз в продольном и поперечном направлениях. Выбрав участки с наибольшим и наименьшим числом окрашенных пятен, определяют на них число пятен в квадрате со стороной 25 мм, используя рамку из плотной бумаги или картона. Число участков, на которых подсчитывают пятна, должно быть не менее пяти у плит размером до 1600×1000 мм и не менее десяти у плит большего размера.

9.2.5 Результаты поверки считают положительными, если число пятен в квадрате со стороной 25 мм не менее указанного в таблице А.2 Приложения А настоящей методики поверки.

9.2.6 Разность количества пятен в любых двух квадратах со сторонами 25 мм должна быть не больше пяти.

9.2.7 Число пятен не устанавливается у чугунных плит на расстоянии до 5 мм от краев плит размерами 630×400 мм и не менее 10 мм от краев плит размерами свыше 630×400 мм.

9.2.8 Расположение пятен должно быть равномерным по всей рабочей поверхности плиты.

9.2.9 Число пятен устанавливается на расстоянии до 10 мм от краев плит.

9.3 Определение отклонения от плоскостности рабочей поверхности

9.3.1 При определении отклонений от плоскостности рабочей поверхности проводят измерения в продольных, поперечных и двух диагональных сечениях.

9.3.2 При поверке плит модификации КЛ.00 должно быть выполнено не менее трех независимых измерений, а модификации КЛ.0 – не менее двух, при этом расхождение результатов независимых измерений отклонения от плоскостности не должно превышать 1/10 от допуска плоскостности, значения которого приведены в таблице А.1 Приложении А к настоящей методике поверки. За результат принимают среднее арифметическое значение.

9.3.3 Число поверяемых точек выбирают в зависимости от размера плиты в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 – Число поверяемых точек

Размер длинной стороны плиты, мм	Наименьшее число поверяемых точек, шт.
250, 300	3
400	4
630, 1000	5
1600	7
2000, 2500	9

9.3.4 Расстояние между поверяемыми точками в поперечном сечении не должно превышать расстояния в продольном.

9.3.5 При измерении отклонения от плоскостности автоколлиматором, поверяемые точки в продольных и поперечных сечениях рекомендуется располагать на одинаковых расстояниях. Для диагональных сечений расстояние может быть другим, однако при этом должно укладываться целое четное число шагов.

9.3.6 При измерении автоколлиматором, для правильного определения знаков отклонений от вспомогательной плоскости, измерения и обработку результатов в каждом сечении следует начинать с крайнего участка, расположенного слева по отношению к поверителю, стоящему лицом к плите.

Точкам в каждом сечении дают номера 0, 1, 2, ..., n, начиная с крайней левой точки сечения.

9.3.7 При определении отклонения от плоскостности рабочей поверхности сначала проводят измерения в диагональных сечениях и по методикам, приведенным в п.п. 9.3.9 – 9.3.11, вычисляют отклонения от вспомогательной плоскости в крайних точках диагоналей. Если они не превышают значение допуска плоскостности, проводят измерения в остальных сечениях.

Примечание – Если отклонения имеют разные знаки, то с допуском сравнивают их алгебраическую разность.

9.3.8 Результаты поверки считают положительными, если отклонения от плоскостности плит не превышают значений допусков, приведенных в таблице А.1 Приложения А настоящей методики поверки.

9.3.9 Методика измерения отклонения от плоскостности автоколлиматором

Автоколлиматор с доверительной абсолютной погрешностью не более 0,3" с измерительной кареткой применяется при поверке плит модификаций КЛ.00, КЛ 0, КЛ.1, КЛ.2 и КЛ.3 с размерами от 250×250 до 2500×1600 мм.

Плоское зеркало, входящее в комплект автоколлиматора, закрепляют на измерительной каретке, расстояние между опорами которой устанавливают равным расстоянию между поверяемыми точками. При поверке плит размером от 400×400 до 1000×630 мм в качестве измерительной каретки можно использовать синусную линейку с расстоянием между опорами 100 мм.

Автоколлиматор устанавливают рядом с последней точкой проверяемого сечения на жесткую опору, обеспечивающую стабильность углового положения его оптической оси. Ось автоколлиматора направляют вдоль проверяемого сечения. Если труба автоколлиматора имеет возможность вращаться вокруг горизонтальной оси, то её разворачивают так, чтобы значения цифр на вертикальных шкалах увеличивались снизу-вверх. Если труба закреплена жестко, а значения цифр на вертикальных шкалах возрастают сверху вниз, то автоколлиматор следует устанавливать около точки с номером 0.

Если по каким-либо причинам невозможно установить автоколлиматор так, как указано выше, можно расположить его на противоположной стороне, однако в этом случае при обработке результатов знаки полученных отклонений от вспомогательной плоскости следует заменить на обратные.

Каретку с зеркалом помещают на ближайший к автоколлиматору участок проверяемого сечения. При этом центр зеркала располагают против центра объектива. Регулируя наклон зеркала и трубы автоколлиматора, добиваются появления автоколлимационного изображения марки автоколлиматора в поле зрения окуляра и совмещают его с одним из центральных штрихов минутной шкалы.

Затем проверяют яркость автоколлимационного изображения, устанавливая зеркало на наиболее удаленный участок сечения. При недостаточной яркости изображения проводят повторную регулировку положения автоколлиматора и зеркала, после чего приступают к измерениям. Для ускорения процесса измерений применяют поверочную линейку типа ШД, равную длине проверяемого сечения или превышающую её. Положив линейку вдоль проверяемого сечения так, чтобы она касалась плиты боковыми поверхностями, рабочую поверхность линейки используют в качестве направляющей, вдоль которой перемещают каретку с зеркалом. Это ограничивает изменение углового положения зеркала в горизонтальной плоскости и обеспечивает расположение автоколлимационного изображения в поле зрения автоколлиматора.

При измерении в крайних сечениях опоры измерительной каретки устанавливают напротив отметок на боковой поверхности плиты. Положение поверяемых точек в промежуточных и диагональных сечениях определяют по рулетке измерительной металлической длиной не менее 5000 мм с классом точности 2 или 3 по ГОСТ 7502-98, натянутой между отметками на противоположных боковых поверхностях плиты, или по отметкам на поверочной линейке типа ШД.

Установив каретку с зеркалом на первый участок, ограниченный точками 0 и 1, снимают отсчет a_1 по автоколлиматору, после чего каретку последовательно устанавливают на остальные участки проверяемого сечения и снимают отсчеты $a_2, a_3, a_4, \dots, a_n$.

Затем автоколлиматор устанавливают напротив следующего сечения и повторяют все операции в такой же последовательности.

Чтобы не проводить регулировку положения автоколлиматора при его перестановке,

плиты размером до 630×400 мм рекомендуется поверять на плите большего размера, используя ее в качестве опоры для автоколлиматора.

9.3.10 Методика измерения отклонения от плоскостности сличением с эталонными поверочными линейками при помощи приспособления с измерительной головкой

Линейки поверочные с широкой рабочей поверхностью с отклонением от плоскостности от 8 до 25 мкм, применяются при проверке плит модификаций КЛ.1, КЛ.2 и КЛ.3 размерами от 250×250 до 2500×1600 мм.

Для плит с размерами от 250×250 до 630×400 мм рекомендуется использовать поверочные линейки типа ШД с длиной 630 мм, для плит с размерами от 1000×630 до 1000×1000 мм – поверочные линейки типа ШД с длиной 1000 мм, для плит с размерами 1600×1000 мм – поверочные линейки типа ШД с длиной 1600 мм, для плит с размерами 2000×1000 мм – поверочные линейки типа ШД с длиной 2000 мм, для плит с размерами 2500×1600 мм – поверочные линейки типа ШД с длиной 2500 мм.

Сначала проводят измерения в диагональных сечениях. Линейку поверочную помещают на опорные призмы, входящие в состав приспособления (см. Приложение В), и устанавливают ее вдоль одной из диагоналей плиты так, чтобы середина линейки совпала с центром плиты (рисунок 2). В центральную точку плиты устанавливают стойку с измерительной головкой с пределами измерений $\pm 0,10$ мм с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,8$ мкм, поднимают ее до соприкосновения измерительного наконечника с рабочей поверхностью линейки поверочной и, установив на шкале близкое к нулю показание, закрепляют головку в стойке. Затем проводят измерения в двух крайних точках диагонали, записывая отсчеты в протокол, после чего выполняют измерения во втором диагональном сечении.



Рисунок 2 – Расположение линейки поверочной на поверяемой плите

При измерении в крайних сечениях положение поверяемых точек определяют по отметкам на боковых поверхностях плиты, а в промежуточных – по отметкам на боковых поверхностях поверочных линеек.

9.3.11 Методика измерения отклонения от плоскостности электронным уровнем

Электронные уровни с доверительной абсолютной погрешностью не более 1" применяются при проверке плит модификации КЛ.1 с размерами от 400×400 до 2500×1600 мм и с размерами от 250×250 до 300×300 мм для исполнений 1 и 2, модификаций КЛ.2, КЛ.3 с размерами от 250×250 до 2500×1600 мм.

Для выполнения измерений с целью компенсации возможного изменения углового положения плиты рекомендуется использовать оба преобразователя, входящих в состав электронного уровня. Один преобразователь перемещают вдоль проверяемого сечения. Электронные уровни без измерительной каретки закрепляют на измерительной каретке, приведенной в Приложении Б. Второй преобразователь устанавливают на любой из участков плиты, располагая его параллельно первому. Положение второго преобразователя при выполнении измерений в каждом из сечений должно оставаться постоянным и может изменяться только при перестановке первого преобразователя с одного проверяемого сечения на другое. При

изменении направления перемещения первого преобразователя необходимо изменить положение второго преобразователя, установив его параллельно первому.

Измерения выполняют шаговым методом, отсчеты снимают по показывающему прибору электронного блока или программному обеспечению персонального компьютера.

9.3.12 В случае, если соответствие плиты метрологическим требованиям не подтверждено, то результаты поверки считаются отрицательными и плиту признают непригодной к применению.

10 Обработка результатов измерений

10.1 Обработка результатов измерений автоколлиматором

10.1.1 Обработку результатов начинают с вычисления ординат профилей диагональных сечений. Из всех полученных при измерении в данном сечении отсчетов $a_1, a_2, \dots, a_n$ вычитают отсчет a_1 на первом участке. Значения разностей, выраженные в угловых секундах, умножают на постоянную C .

$$C = 4,8 \cdot 10^{-6} \cdot l, \quad (1)$$

где l – расстояние между опорами измерительной каретки, мм.

Полученные значения $h_1 = C \cdot (a_1 - a_1) = 0, h_2 = C \cdot (a_2 - a_1), h_3 = C \cdot (a_3 - a_1), \dots, h_n = C \cdot (a_n - a_1)$ показывают, насколько каждая точка выше или ниже предыдущей. Если принять условно, что ордината крайней левой точки сечения с номером 0 равна нулю, то есть $y_0 = 0$, то ординаты остальных точек сечения определяют по формулам:

$$y_1 = h_1, \quad (2)$$

$$y_2 = y_1 + h_2, \quad (3)$$

$$y_3 = y_2 + h_3, \quad (4)$$

...

$$y_n = y_{n-1} + h_n, \quad (5)$$

В общем виде

$$y_i = y_{i-1} + h_i, \quad (6)$$

где i – порядковый номер точки, ордината которой вычисляется.

Аналогично вычисляют ординаты точек во втором диагональном сечении, после чего определяют отклонения от вспомогательной плоскости в центральной и четырех угловых точках плиты. Для этого используют значения ординат крайних точек y_0 и y_n и ординаты центральной точки $y_{\text{ц}}$, полученные при обработке результатов измерений в диагональных сечениях.

Пусть y_0, y_n и $y_{\text{ц}}$ – ординаты точек одной из диагоналей. Так как вспомогательная плоскость проходит через центральную точку, отклонение в ней $H_{\text{ц}}$ должно быть равно нулю, поэтому значение ординаты в центральной точке вычитают из значений всех ординат. Получают:

$$y'_0 = y_0 - y_{\text{ц}}, \quad (7)$$

$$y'_{\text{ц}} = y_{\text{ц}} - y_{\text{ц}} \quad (8)$$

$$\text{и } y'_n = y_n - y_{\text{ц}}. \quad (9)$$

Вспомогательная плоскость параллельна прямой, соединяющей крайние точки диагоналей, следовательно, отклонения от нее крайних точек H_0 и H_n должны быть равны между собой. Их определяют из соотношения

$$H_n = H_0 = \frac{y'_0 + y'_n}{2}. \quad (10)$$

Таким же образом вычисляют отклонения в крайних точках второй диагонали.

10.1.2 Определив значения отклонений в четырех угловых и центральной точке проводят их оценку. В зависимости от результата либо бракуют плиту, либо переходят к обработке результатов измерений в продольных и поперечных сечениях, используя четыре угловые точки как точки «привязки».

10.1.3 Прежде всего вычисляют ординаты и находят отклонения от вспомогательной плоскости точек крайних поперечных сечений. Вычисление ординат проводят в такой же последовательности, как и для диагональных сечений. Пусть для рассматриваемого крайнего поперечного сечения получены ординаты $y_0, y_1, y_0, \dots, y_n$ ($0; 1; 2, \dots, n$ – номера точек сечения).

Обозначим отклонения в крайних точках одной диагонали H_I , а в крайних точках второй - H_{II} . Точка 0 рассматриваемого поперечного сечения совпадает с точкой диагонального сечения, имеющей отклонение от вспомогательной плоскости, равное H_I , а точка n – с точкой, имеющей отклонение H_{II} . Поэтому значения ординат поперечного сечения будут соответствовать отклонениям от вспомогательной плоскости, если при обработке результатов преобразовать их таким образом, что ординаты крайних точек 0 и n будут равны соответственно H_I и H_{II} . Ордината точки 0 всегда равна нулю. Для того, чтобы получить в ней значение H_I , не исказив формы профиля сечения, к ординатам y_i всех точек прибавляют число H_I и получают ординаты:

$$y'_0 = y_0 + H_I, \quad (11)$$

$$y'_1 = y_1 + H_I, \quad (12)$$

$$y'_2 = y_2 + H_I, \quad (13)$$

...

$$y'_n = y_n + H_I. \quad (14)$$

Ордината y'_n в точке n должна быть равна H_{II} . Если y_n отличается от H_{II} , то определяют разность $\delta = H_{II} - y_n$ и во всех точках, кроме точки с номером 0, прибавляют к значениям y'_i поправки δ_i . Эти поправки определяют по формуле:

$$\delta_i = \frac{\delta_n}{n} \cdot i, \quad (15)$$

где n – номер последней точки;

i – номер точки, для которой вычисляют поправку.

Следовательно,

$$\delta_1 = \frac{\delta_n}{n} \cdot 1, \quad (16)$$

$$\delta_2 = \frac{\delta_n}{n} \cdot 2, \quad (17)$$

...

$$\delta_{n-1} = \frac{\delta_n}{n} \cdot (n-1). \quad (18)$$

Отклонения от вспомогательной плоскости H_i будут равны:

$$H_0 = H_I, \quad (19)$$

$$H_1 = y'_1 + \delta_1, \quad (20)$$

$$H_2 = y'_2 + \delta_2, \quad (21)$$

...

$$H_n = y'_n + \delta_n. \quad (22)$$

Полученные значения отклонений выписывают на план поверхности в соответствующих точках.

Аналогично вычисляют отклонения в точках второго крайнего поперечного сечения и выписывают их на план. Затем, считая противоположные точки крайних сечений точками «привязки», таким же образом определяют отклонения от вспомогательной плоскости во всех продольных сечениях.

Если проводились измерения в промежуточных поперечных сечениях, то отклонения от вспомогательной плоскости в них вычисляют, считая точками «привязки» противоположные точки крайних продольных сечений.

Далее с учетом требований п.п. 10.4 – 10.6 оценивают отклонение от плоскостности проверяемой плиты.

10.2 Обработка результатов измерений сличением с эталонными поверочными линейками при помощи приспособления с измерительной головкой

Ординаты точек диагональных сечений вычисляют, вычитая из отсчетов по индикатору поправки на линейку поверочную. Если a_0 , a_{II} и a_n соответственно отсчеты в крайней левой, центральной и крайней правой точках сечения, а H'_0 , H'_{II} и H'_n , - поправки на линейку поверочную в этих точках, то

$$y_0 = a_0 - H'_0, \quad (23)$$

$$y_{II} = a_{II} - H'_{II} \quad (24)$$

$$\text{и } y_n = a_n - H'_n. \quad (25)$$

Затем определяют отклонения от вспомогательной плоскости точек крайних поперечных сечений. Для этого из отсчетов $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$, полученных при измерении в сечении, вычитают поправки на линейку поверочную $H'_0, H'_1, H'_2, \dots, H'_n$ и получают ординаты

$$y_0 = a_0 - H'_0, \quad (26)$$

$$y_1 = a_1 - H'_1 \quad (27)$$

$$y_2 = a_2 - H'_2, \quad (28)$$

...

$$y_n = a_n - H'_n. \quad (29)$$

Поправки на эталонную линейку поверочную берут из свидетельства о ее поверке. Если отметки на линейке не совпадают с отметками, для которых приведены отклонения в свидетельстве, или размер линейки больше длины поверяемого сечения, то поправки определяют следующим образом: при помощи графических компьютерных программ по данным свидетельства строят профилограммы эталонной линейки и рассчитывают отклонения в нужных точках.

Далее определяют разность r между отклонением H_1 точки 0 от вспомогательной плоскости, полученным при обработке результатов измерений диагональных сечений, и ординатой y_0 , вычисленной для рассматриваемого сечения, т. е.

$$r = H_1 - y_0. \quad (30)$$

Полученное значение r прибавляют ко всем ординатам y_i и получают ординаты

$$y'_0 = y_0 + r = H_1, \quad (31)$$

$$y'_1 = y_1 + r, \quad (32)$$

$$y'_2 = y_2 + r, \quad (33)$$

...

$$y'_n = y_n + r. \quad (34)$$

Дальнейшее определение поправок δ_i для вычисления отклонений от вспомогательной плоскости аналогично приведенному в п. 10.1.1. Поправка δ_n для точки n равна разности между ее отклонением H_{II} от вспомогательной плоскости, определенным по результатам измерений диагональных сечений, и ординатой y'_n , т. е.

$$\delta_n = H_{II} - y'_n. \quad (35)$$

Поправки δ_i для остальных точек определяют по формуле (15). Прибавляя значения поправок δ_i к ординатам y'_i , определяют отклонения от вспомогательной плоскости во всех точках сечения.

Аналогичным образом вычисляют отклонения от вспомогательной плоскости в остальных сечениях.

10.3 Обработка результатов измерений электронным уровнем

Электронный уровень позволяет определить непосредственно ординаты y_i точек профилей проверяемых сечений, выраженные в единицах длины (см. п. 9.3.11). Отклонения от вспомогательной плоскости по значениям ординат определяют в соответствии с п. 10.1.1.

10.4 Для определения значения отклонения от плоскостности необходимо найти наибольшее расстояние от проверяемой поверхности до прилегающей плоскости.

Прежде всего определяют общий рельеф поверхности. Для этого сначала проводят вычисление ординат профилей отдельных сечений, а затем совместную обработку полученных результатов относительно общей вспомогательной плоскости. В качестве вспомогательной принимают плоскость, проходящую через центральную точку поверхности параллельно прямым, соединяющим точки, расположенные на противоположных концах диагональных сечений.

10.5 В том случае, когда измерения проводят во всех продольных и поперечных сечениях, для промежуточных точек плиты получают два значения отклонения от вспомогательной плоскости. Расхождение этих значений не должно превышать 1/3 допуска плоскостности при значении допуска до 30 мкм и 1/5 - при допуске более 30 мкм. В противном случае измерения следует повторить. За результат измерений в точке принимают среднее арифметическое значение всех результатов.

10.6 С допусκαемым отклонением от плоскостности сравнивают наибольшее положительное или отрицательное отклонение от вспомогательной плоскости, если отклонения всех точек поверхности имеют один знак, или алгебраическую разность наибольших положительного и отрицательного отклонений, если отклонения точек имеют разные знаки.

Эти значения всегда больше отклонения от прилегающей плоскости, поэтому, если они не превышают допускаремых отклонений от плоскостности, плиту можно поверить без построения прилегающей плоскости. В противном случае определяют приближенное значение отклонения от прилегающей плоскости.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результатах поверки средств измерений в целях подтверждения поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.2 При положительных результатах поверки средство измерений признается пригодным к применению.

Выдача свидетельства о поверке средства измерений осуществляется в соответствии с действующим законодательством.

Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено. Пломбирование средства измерений не производится.

11.3 При отрицательных результатах поверки средство измерений признается непригодным к применению.

Выдача извещения о непригодности к применению средства измерений с указанием основных причин непригодности осуществляется в соответствии с действующим законодательством.

Ведущий инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»
Инженер по метрологии ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



К.А. Ревин

О.В. Санаева

Приложение А
(обязательное)
Метрологические и технические характеристики

Таблица А.1 – Допуск плоскостности рабочих поверхностей плит

Размеры, мм	Исполнение	Допуск плоскостности, мкм				
		КЛ.00	КЛ.0	КЛ.1	КЛ.2	КЛ.3
250×250	3	2	4	8	—	—
	1, 2	—	—	10	16	30
300×300	3	3	5	8	—	—
	1, 2	—	—	10	16	30
400×400	3	3	6	12	—	—
	1, 2	—	—	12	25	50
630×400	3	4	8	16	—	—
	1, 2	—	—	16	30	60
1000×630	3	5	10	20	—	—
	1, 2	—	—	20	40	80
1000×750	3	5	10	20	—	—
1000×1000	3	6	12	25	—	—
1600×1000	3	6	12	25	—	—
	1, 2	—	—	25	50	100
2000×1000	3	8	16	30	—	—
	1, 2	—	—	30	60	120
2500×1600	3	8	16	30	—	—
	1, 2	—	—	35	70	120

Таблица А.2 – Технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Разность количества пятен в любых двух квадратах со стороной 25 мм, не более	5
Число пятен в квадрате со стороной 25 мм у шаброванных плит модификации КЛ.1, не менее ¹⁾	20
Параметр шероховатости Ra по ГОСТ 2789-73 рабочих поверхностей плит, мкм, не более: - модификация КЛ.0, КЛ.00 исполнение 3 - модификация КЛ.1, КЛ.2 исполнение 1 - модификация КЛ.1, КЛ.2 исполнение 2 - модификация КЛ.3 исполнение 1 - модификация КЛ.3 исполнение 2	0,4 1,6 3,2 3,2 6,3
¹⁾ Число пятен не устанавливается у чугунных плит на расстоянии до 5 мм от краев плит размерами 630×400 мм и не менее 10 мм от краев плит размерами свыше 630×400 мм.	

Приложение Б
(справочное)
Измерительная каретка

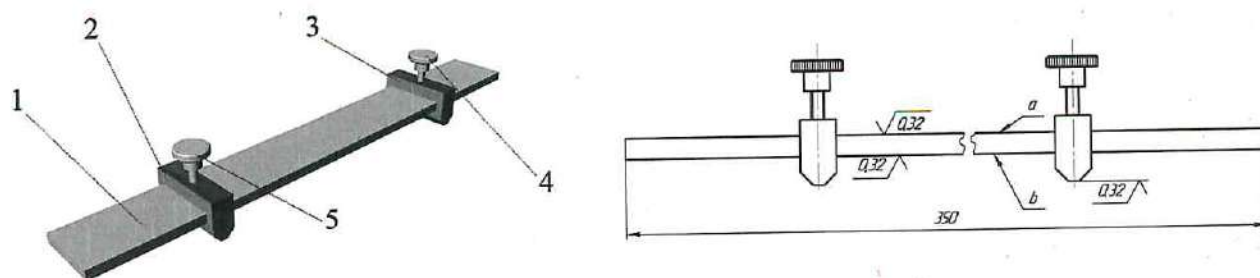


Рисунок Б.1 – Измерительная каретка

Измерительная каретка состоит из основания 1, на которое устанавливают зеркало автоколлиматора или уровень, двух подвижных опор 2 и 3 и зажимных винтов 4 и 5 для закрепления опор на основании. Расстояние между серединами измерительных поверхностей опор устанавливают в соответствии с расстоянием между поверяемыми точками с точностью ± 1 мм.

Измерительные поверхности опор могут иметь как плоскую, так и цилиндрическую форму. В качестве основания 1 может быть использована забракованная концевая мера или линейка типа ШП по ГОСТ 8026-92 после дополнительной обработки их боковых поверхностей.

Для проверки плит небольшого размера используют опоры от синусной линейки. Для закрепления опор в основании нарезают несколько резьбовых отверстий, располагая их на различных расстояниях в соответствии с рекомендуемыми расстояниями между поверяемыми точками (см. п. 9.3.3 настоящей методики проверки). Крепежные винты не должны выступать над поверхностью а.

Измерительные поверхности опор должны лежать в одной плоскости.

Таблица Б.1 – Технические характеристики каретки

Наименование характеристики	Значение
Отклонение от прямолинейности поверхностей <i>a</i> и <i>b</i> в продольном направлении, не более, мкм ¹⁾	
- для проверки автоколлиматором	20
- для проверки уровнями	10
Отклонение от прямолинейности поверхностей <i>a</i> и <i>b</i> в поперечном направлении, не более, мкм ¹⁾	4
Перекося измерительных поверхностей, не более, мкм	5
Отклонение от плоскостности поверхностей подвижных опор, соприкасающихся с поверхностью <i>b</i> , не более, мкм ¹⁾	4
Отклонение от параллельности поверхности <i>a</i> к плоскости, касательной к измерительным поверхностям опор, не более, мкм	10
¹⁾ Выпуклость не допускается.	

Отклонение от прямолинейности поверхностей *a* и *b* определяют контрольным бруском методом сравнения зазора, образованного между рабочей поверхностью контрольного бруска (рисунок Б.2) и поверхностью каретки, с «образцом просвета», составленным из плоскопараллельных концевых мер длины, притертых к плоской стеклянной пластине, и лекальной линейки. Для этого каретку накладывают поверхностью *a* или *b* на измерительную поверхность контрольного бруска, установленного на поверхности поверочной плиты. Наклоняя каретку в вертикальной плоскости на угол $\pm 15^\circ$ от вертикального положения, оценивают максимальное значение зазора, сравнивая его с «образцом просвета».

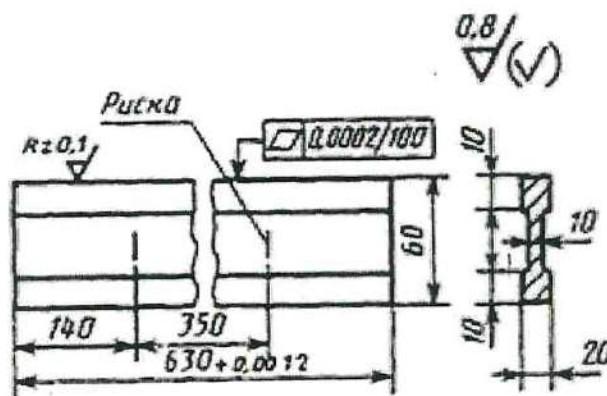


Рисунок Б.2 – Чертеж контрольного бруска для определения отклонения от прямолинейности поверхностей a и b измерительной каретки

Отклонение плоскостности поверхностей подвижных опор, соприкасающихся с поверхностью b и перекос измерительных поверхностей измерительной каретки контролируют интерференционным методом. Отклонение от плоскостности определяют плоской стеклянной пластиной, подсчитывая число интерференционных полос или оценивая искривление интерференционных полос. Отсчитывание полос или оценку их искривления осуществляют, отступая 0,5 мм от края контролируемой поверхности. Если длина контролируемой поверхности превышает диаметр пластины, то определяют отклонение от плоскостности отдельных участков, при этом отклонение от плоскостности на каждом участке не должно превышать значения, определяемого по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{0,3 \times n^2}, \quad (\text{Б.1})$$

где Δ – допуск плоскостности на всю длину контролируемой поверхности, мкм;
 n – число участков.

Отклонение от параллельности поверхности a к плоскости, касательной к измерительным поверхностям опор измерительной каретки определяют на поверочной плите. Для этого каретку устанавливают на плите и рычажно-зубчатой головкой, закрепленной в штативе, который перемещается по плите вдоль длинного ребра поверхности a каретки, определяют отклонение от параллельности её поверхностей как максимальную разность отсчетов.

Таблица Б.2 – Средства контроля технических характеристик

Наименование характеристики	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Рекомендуемые средства контроля
1	2	3
Отклонение от прямолинейности поверхностей a и b в продольном направлении; Отклонение от прямолинейности поверхностей a и b в поперечном направлении	Брусек контрольный, длина не менее 500 мм, допуск плоскостности не более 1 мкм	Бруски контрольные БК-500, рег. № 66666-17.
	Меры длины концевые плоскопараллельные, наборы №№ 3, 4, 6, границы абсолютных погрешностей $\pm (0,2 + 2 \cdot L)$ мкм, где L – длина, м	Меры длины концевые плоскопараллельные Туламп, рег. № 51838-12.
	Пластина плоская стеклянная диаметром не менее 60 мм, отклонение от плоскостности рабочей поверхности не должно превышать 0,09 мкм	Пластины плоские стеклянные 2-го класса ПИ 60, ПИ 80, ПИ 100, ПИ 120, рег. № 197-70.

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3
Отклонение от прямолинейности поверхностей a и b в продольном направлении; Отклонение от прямолинейности поверхностей a и b в поперечном направлении	Средство измерений для проверки прямолинейности поверхностей методом световой щели «на просвет» – Линейка лекальная типа ЛД, длина не менее 200 мм, допуск прямолинейности рабочих поверхностей не более 3 мкм	Линейки поверочные лекальные ЛД, рег. № 3461-73.
	Плита поверочная, размер 630×400 мм, допуск плоскостности не более 16 мкм	Плиты поверочные и разметочные, рег. № 76927-19.
Перекус измерительных поверхностей; Отклонение от плоскостности поверхностей подвижных опор, соприкасающихся с поверхностью b	Пластина плоская стеклянная диаметром не менее 60 мм, отклонение от плоскостности рабочей поверхности не должно превышать 0,09 мкм	Пластины плоские стеклянные 2-го класса ПИ60, ПИ80, ПИ100, ПИ120, рег. № 197-70.
Отклонение от параллельности поверхности a к плоскости, касательной к измерительным поверхностям опор	Плита поверочная, допуск плоскостности не более 16 мкм	Плиты поверочные и разметочные 0 класса точности, рег. № 76927-19.
	Головка измерительная рычажно-зубчатая типа 1ИГ по ГОСТ 18833-73, диапазон измерений $\pm 0,1$ мм, предел допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 1,2$ мкм	Головка измерительная рычажно-зубчатая 1ИГ, 2ИГ, рег. № 2681-70.
	Стойка для измерительных головок	Стойка типа С-Ш-8-50 по ГОСТ 10197-70.
Примечание – Допускается использовать при контроле другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим и техническим требованиям, указанным в данной таблице.		

Приложение В (справочное)

Приспособление для измерения отклонения от плоскостности методом сличения с поверочными линейками

Для измерения отклонения от плоскостности рабочих поверхностей плит методом сличения с поверочными линейками используют комплект приспособлений, включающий стойку для крепления измерительной головки и две опорные призмы (рисунок В.1).

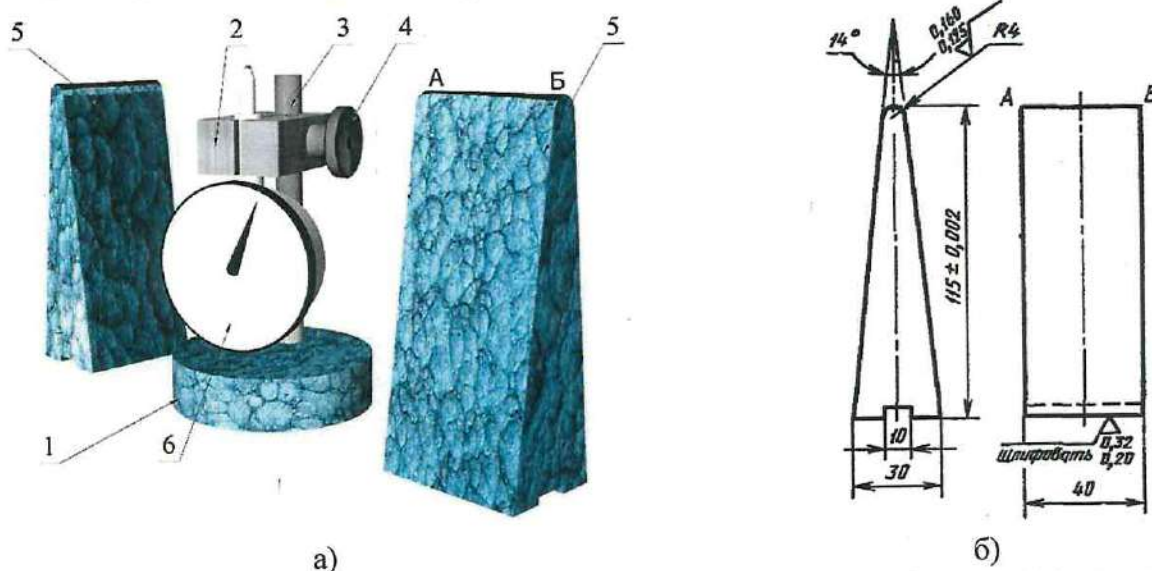


Рисунок В.1 – Приспособление для измерения отклонения от плоскостности методом сличения с поверочными линейками: а) – общий вид приспособления; б) – опорная призма
1 – основание; 2 – кронштейн; 3 – стойка; 4 – зажимной винт; 5 – опорные призмы; 6 – измерительная головка

Таблица В.1 – Технические характеристики приспособления для измерения отклонения от плоскостности методом сличения с поверочными линейками

Наименование характеристики	Значение
Отклонение от плоскостности оснований стойки и призм, не более, мкм ¹⁾	0,001
Отклонение от параллельности образующей призмы АБ относительно опорной поверхности и разностность призм, не более, мм	0,002

¹⁾ Выпуклость не допускается.

Отклонение от плоскостности оснований стойки и призм приспособления для измерения отклонения от плоскостности методом сличения с поверочными линейками (далее – приспособление) контролируют интерференционным методом. Отклонение от плоскостности определяют плоской стеклянной пластиной, подсчитывая число интерференционных полос или оценивая искривление интерференционных полос. Отсчитывание полос или оценку их искривления осуществляют, отступая 0,5 мм от края контролируемой поверхности. Если длина контролируемой поверхности превышает диаметр пластины, то определяют отклонение от плоскостности отдельных участков, при этом отклонение от плоскостности на каждом участке не должно превышать значения, определяемого по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{0,3 \times n^2}, \quad (\text{В.1})$$

где Δ – допуск плоскостности на всю длину контролируемой поверхности, мкм;

n – число участков.

Отклонение от параллельности образующей призмы АБ относительно опорной поверхности призмы определяют на поверочной плите. Для этого призму устанавливают на плите и рычажно-зубчатой головкой, закрепленной в штативе, который перемещается по плите

вдоль длинного ребра опорной части призмы, определяют отклонение от параллельности её поверхностей как максимальную разность отсчетов.

Разновысотность определяют на поверочной плите с помощью головки измерительной цифровой, закрепленной в стойке. Призму устанавливают на плите так, чтобы наконечник касался образующей поверхности в одной точке, снимают показания, затем меняют призму и также снимают показания. Разновысотность призм будет равна разности двух показаний.

Таблица В.2 – Средства контроля технических характеристик

Наименование характеристики	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Рекомендуемые средства контроля
Отклонение от плоскостности оснований стойки и призм	Пластина плоская стеклянная диаметром не менее 60 мм, отклонение от плоскостности рабочей поверхности не должно превышать 0,09 мкм	Пластины плоские стеклянные 2-го класса ПИ60, ПИ80, ПИ100, ПИ120, рег. № 197-70.
Отклонение от параллельности образующей призмы АБ относительно опорной поверхности и разновысотность призм	Плита поверочная, допуск плоскостности не более 16 мкм	Плиты поверочные и разметочные 0 класса точности, рег. № 76927-19.
	Головка измерительная рычажно-зубчатая типа 1ИГ по ГОСТ 18833-73, диапазон измерений $\pm 0,1$ мм, предел допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 1,2$ мкм	Головка измерительная рычажно-зубчатая 1ИГ, 2ИГ, рег. № 2681-70.
	Стойка для измерительных головок	Стойка типа С-Ш-8-50 по ГОСТ 10197-70.
	Головка измерительная цифровая, диапазон измерений ± 200 мкм, в диапазоне до ± 10 мкм ПГ $\pm 0,1$ мкм; от ± 10 до ± 40 мкм ПГ $\pm 0,2$ мкм; свыше ± 40 мкм ПГ $\pm 0,4$ мкм	Головки измерительные цифровые ИГЦ, ИГЦМ, рег. № 76661-19.
Примечание – Допускается использовать при контроле другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим и техническим требованиям, указанным в данной таблице.		