

СОГЛАСОВАНО

Заместитель руководителя ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ»



В.А. Лапшинов

« 21 » 09 2023 г.

Руководитель ЛОЕИ
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»



К.Б. Козлов

« 21 » 09 2023 г.

«ГСИ. Плиты поверочные и разметочные. Методика поверки»
МП-676/08-2023

Чехов
2023

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика применяется для поверки плит поверочных и разметочных исполнений 1, 2, 3 (далее – плиты), используемых в качестве рабочих средств измерений и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

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

Таблица 1 – Допуск плоскостности рабочих поверхностей плит

	Допуск плоскостности для модификаций, мкм				
	КЛ.00	КЛ.0	КЛ.1	КЛ.2	КЛ.3
Условия определения допуска плоскостности: - температура окружающей среды, °С	20±3	20±4	20±4	20±6	20±6
Размеры плит, мм:					
250×250	2	4	-	-	-
400×400	3	6	-	-	-
630×400	4	8	-	-	-
1000×630	5	10	-	-	-
1000×750	-	-	20	40	80
1000×1000	-	-	20	40	80
1500×1000	-	-	25	50	100
1600×1000	6	12	26	52	104
2000×1000	8	16	30	60	120
2500×1600	-	-	35	70	140
3000×1250	-	-	40	80	160
3000×1500	-	-	40	80	160
3000×2000	-	-	40	80	160
4000×2000	-	-	50	100	200

Таблица 2 – Параметр шероховатости Ra рабочих и боковых поверхностей

Наименование характеристик	Значения характеристик
Параметр шероховатости Ra рабочих поверхностей, мкм	
- механически обработанных чугунных плит	1,25
- твердокаменных плит	0,32
Параметр шероховатости Ra боковых поверхностей, мкм	
- чугунных плит	5
- гранитных плит	2,5

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: ГЭТ 130-2019 - ГПЭ единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности.

1.4 В методике поверки реализован следующий метод передачи единиц: метод прямых измерений.

2 Перечень операций поверки средств измерений

2.1 При проведении поверки средств измерений (далее – поверка) должны выполняться операции, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – 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
Внешний осмотр	6	Да	Да
Определение метрологических и технических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	7	-	-
Проверка размагниченности	7.1	Да	Да
Определение шероховатости боковых и нешаброванных рабочих поверхностей	7.2	Да	Нет
Определение отклонения от перпендикулярности боковых поверхностей между собой и боковых поверхностей к рабочей	7.3	Да	Нет
Определение качества шабровки	7.4	Да	Да
Определение отклонения от плоскостности рабочей поверхности	7.5	Да	Да
<p><i>Примечание:</i></p> <p>1. Качество шабровки у плит, находящихся в эксплуатации, проверяют только в том случае, если они предназначены для работы по методу «пятач на краску».</p> <p>2. Чугунные плиты, прошедшие ремонт, разрешается не поверять по п. 7.2, если их боковые поверхности при работе не используются. В этом случае боковые поверхности должны быть окрашены.</p>			

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. 9 настоящей методики.

3 Условия поверки и подготовка к ней

3.1 Температура помещения, в котором проводят поверку, должна быть $+ 20^{\circ}\text{C}$ с допускаемыми отклонениями:

- $\pm 3^{\circ}\text{C}$ – для плит модификаций КЛ.00;
- $\pm 4^{\circ}\text{C}$ – для плит модификаций КЛ.0 и КЛ.1;
- $\pm 6^{\circ}\text{C}$ – для плит модификаций КЛ.2 и КЛ.3.

Скорость изменения температуры во время поверки не должна превышать $0,5^{\circ}\text{C}/\text{ч}$.

Относительная влажность окружающего воздуха, % не более 80.

3.2 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.

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

3.4 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.

3.5 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 4 приложения 3). Число сечений и проверяемых точек в них выбирают в соответствии с пп. 7.5.2 и 7.5.3.

3.6 На боковых поверхностях плиты мелом или цветными карандашами наносят отметки против проверяемых точек в соответствии с планом. На образцовых плитах отметки и их буквенные обозначения следует наносить несмываемой краской.

При определении отклонения от плоскостности сличением с образцовыми поверочными линейками следует также нанести отметки на боковых поверхностях линеек 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.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.7.1 Проверка размагничности	Детали из низкоуглеродистой стали массой до $0,2$ г.	Проволока из низкоуглеродистой стали длиной не более 15 мм и диаметром не более 1 мм;

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.7.2 Определение шероховатости боковых и нешаброванных 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 шероховатости поверхности MarSurf M 300 C, эталон 3-го разряда, диапазон измерений по параметру Rz от 0 до 350 (90;180;350) мкм, предел допускаемой основной относительной погрешности по параметру Ra 3%, рег. № 53738-13; Образцы шероховатости поверхности (сравнения) модель 1833, пределы допускаемого относительного отклонения действительного значения параметра шероховатости Ra от номинального (-17...+12) %, рег. № 25019-03
п.7.3 Определение отклонения от перпендикулярности боковых поверхностей между собой и боковых поверхностей к рабочей	Угольники с широким основанием или угольники лекальные цилиндрические высотой, соответствующей высоте поверяемой плиты, с допуском перпендикулярности не более 125 мкн;	Угольники поверочные 90° слесарные плоские 1-го и 2-го классов точности УП-1-250, допуск перпендикулярности измерительных поверхностей к опорным поверхностям на длине Н 9,0 мкм, рег. № 5747-13; Угольники поверочные 90° слесарные плоские 1-го и 2-го классов точности УП-2-400, допуск перпендикулярности измерительных поверхностей к опорным поверхностям на длине Н 30,0 мкм, рег. № 5747-13
	Щупы измерительные номинальной толщиной от 0,02 до 0,50 мм с допускаемыми отклонениями толщины не более ±5 мкм	Щупы, набор щупов № 2 (0,02-0,50) кл 2 мод. 82103, рег. № 369-89

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.7.4 Определение качества шабровки ¹⁾	Плиты поверочные и разметочные размер не более 630x400 мм с допуском плоскостности не более 20 мкм	Плиты поверочные и разметочные 400×400 исполнения 3, кл.т. 0, рег. № 76927-19
	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 (Линейки поверочные с широкой рабочей поверхностью длиной не более 1000 мм и с отклонением от плоскостности, не более 4 мкм)	Линейки поверочные с широкой рабочей поверхностью, мостики ШМ ТК-1000 кл 0, разряд 2, допуск плоскостности 4 мкм, рег № 12366-05; Краска для шабрения; Рамка 25x25 мм стальная
п. 7.5 Определение отклонения от плоскостности рабочей поверхности ²⁾	Эталоны единицы длины в области измерений отклонений от плоскостности, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 1 разряда по государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 марта 2021 г. № 314 (Линейки оптические с длиной не менее 630 мм и с доверительной абсолютной погрешностью не более 1,0 мкм)	Линейки оптические ОЛ-800, разряд 1, пределы измеряемых отклонений от прямолинейности и плоскостности, мм: по отсчетному устройству ±0,4; при регистрации ±0,1, наибольшая длина контролируемой поверхности 800 мм, ПГ ±(0,001+0,01h) мм, где h – измеряемое отклонение в мм, рег. № 3706-84

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 7.5 Определение отклонения от плоскостности рабочей поверхности ²⁾	<p>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 (Автоколлиматоры с доверительной абсолютной погрешностью не более 1")</p>	<p>Автоколлиматоры АКУ-0,2, разряд 3, предел измерений при расстоянии от объектива до зеркала до 2 м, не менее 10', при максимальном рабочем расстоянии, не менее 2,0', при однокоординатных измерениях ПГ 1,5", при двухкоординатных измерениях ПГ 3,0", рег. № 10714-86; Измерительная каретка (см. приложение А)</p>
	<p>Эталоны единицы длины в области измерений отклонений от плоскостности, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 1 разряда по государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 марта 2021 г. № 314 (Линейки оптические с доверительной абсолютной погрешностью не более 1,0 мкм)</p>	<p>Линейки оптические ОЛ-1600, разряд 1, пределы измеряемых отклонений от прямолинейности и плоскостности, мм: по отсчетному устройству $\pm 0,4$; при регистрации $\pm 0,1$, наибольшая длина контролируемой поверхности 1600 мм, ПГ $\pm(0,001+0,01h)$ мм, где h – измеряемое отклонение в мм, рег. № 3706-84</p>

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	<p>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");</p>	<p>Уровни электронные, мод М-050-03, рег. №40611-09, 2 разряд;</p>
<p>п. 7.5 Определение отклонения от плоскостности рабочей поверхности²⁾</p>	<p>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 (Линейки поверочные с длиной не менее 2000 мм с доверительной абсолютной погрешностью не более (5+5L) мкм, где L- длина поверяемой поверхности, м);</p> <p>Головки измерительные типа 2ИГ с пределами измерений $\pm 0,10$ мм с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,8$ мкм;</p>	<p>Линейки поверочные ШД 1600 кл 0, 2 разряд, допуск плоскостности 6 мкм, рег. № 3617-73;</p> <p>Линейки поверочные ШД 1000 кл 0, 2 разряд, допуск плоскостности 4 мкм, рег. № 3617-73;</p> <p>Приспособление ПК-08 (см. приложение Б);</p> <p>Головки измерительные рычажно-зубчатые, 1ИГ, пределы измерений $\pm 0,05$ мм, при проверке от нулевого штриха на участках шкалы ± 30 делений ПГ $\pm 0,4$ мкм, свыше ± 30 делений ПГ $\pm 0,7$ мкм, при проверке аттестованного биения величиной не более 0,02 мм ПГ 0,5 мкм, рег. №2681-70</p>

Окончание таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 7.5 Определение отклонения от плоскостности рабочей поверхности ²⁾	Рулетки измерительные металлические длиной не менее 5000 мм с классом точности 2 или 3 по ГОСТ 7502-98	Рулетки измерительные металлические торговой марки "Калиброн" Р5УЗД (0-5000) мм, КТЗ, рег. №71665-18
<p>¹⁾ – только для плит исполнения I;</p> <p>²⁾ – информация о рекомендуемых средствах поверки, для конкретных размеров и модификаций плит, описана в методиках, приведенных в п.п. 7.5.9-7.5.12</p> <p><i>Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</i></p>		

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

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

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

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

6 Внешний осмотр средства измерений

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

- наличие маркировки и комплектности, необходимой для проведения измерений, согласно требованиям эксплуатационной документации;
- Отсутствие на поверхности плит, выпускаемых из производства, трещин, раковин, выбоин, посторонних включений и других дефектов, снижающих качество;
- Однородность материала для заделки раковин на чугунных плитах с материалом плиты;
- Отсутствие исправлений дефектов на рабочей поверхности у гранитных плит;
- Отсутствие неоднородности материала и цвета гранитных плит, влияющих на ее эксплуатационные качества;

6.2 Комплектность плиты должна соответствовать указанной в эксплуатационном документе.

7 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

7.1 Проверка размагниченности

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

7.2 Определение шероховатости боковых и нешаброванных рабочих поверхностей

7.2.1 Шероховатость боковых поверхностей чугуновых плит определяют визуальным сравнением с образцами шероховатости, с аттестованными образцовыми деталями, изготовленными из материала, соответствующего материалу плиты или измеряется профилометром.

7.2.2 Шероховатость нешаброванных рабочих поверхностей определяют прибором для измерения шероховатости поверхности. Измерения проводят не менее чем на пяти участках для плит размером 1000×750 мм и не менее чем на десяти – для плит большего размера.

7.2.3 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.

Параметр шероховатости Ra рабочих и боковых поверхностей должен соответствовать значениям, указанным в таблице 2.

7.3 Определение отклонения от взаимной перпендикулярности боковых поверхностей к рабочей

7.3.1 Отклонение от перпендикулярности определяют с помощью щупа и угольника. Рекомендуемая длина, на которой определяется отклонение от перпендикулярности, и соответствующие размеры щупов приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Рекомендуемая длина контролируемого участка поверхности плит и толщина щупа

Размеры плит, мм	Рекомендуемая длина контролируемого участка поверхности плиты, мм	Толщина щупа, мм
250×250	100	0,2
От 400×400 до 1000×1000	250	0,3
От 1500×1000 до 4000×2000	400	0,4

7.3.2 Для определения отклонения от перпендикулярности угольник накладывают внутренним рабочим углом на контролируемые поверхности таким образом, чтобы при наличии отклонения от перпендикулярности зазор образовывался вдоль длинной рабочей поверхности угольника. От точки касания длинной поверхности угольника с плитой отсчитывают длину, рекомендуемую в таблице 5. Щуп соответствующего размера не должен входить в зазор на указанной длине.

7.3.3 Измерения можно выполнять на длине, превышающей значения, рекомендованные в таблице 5. В этом случае толщина щупа должна соответствовать допуску перпендикулярности 10-й степени точности по ГОСТ 24643-81.

7.3.4 Допуск перпендикулярности боковых поверхностей к рабочей поверхности и боковых поверхностей чугуновых плит между собой не должны превышать 12-й степени точности по ГОСТ 24643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения».

7.4 Определение качества шабровки

7.4.1 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.

7.4.2 Проверку осуществляют сличением «на краску» с рабочей поверхностью плиты размером не более 630×400 мм, допуск плоскостности которой выше допуска плоскостности поверяемой плиты. Допускается использование образцовой линейки поверочной типа ШМ-ТК.

7.4.3 Одна из боковых сторон образцовой плиты должна быть не менее расстояния между поверяемыми точками.

7.4.4 Рабочую поверхность образцовой плиты или линейки покрывают тонким слоем берлинской лазури, кадмия красного, смеси сажи с машинным маслом или типографской краски. Поместив образцовую 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 числа 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. Разность чисел пятен в любых двух квадратах должна быть не более пяти у плит, выпущенных из производства и не более десяти у плит, прошедших ремонт и находящихся в эксплуатации.

Число пятен в квадрате 25×25 мм должно соответствовать значениям, указанным в таблице 6

Таблица 6 – Число пятен в квадрате 25×25 мм для шаброванных плит

Наименование характеристик	Значения характеристик
Число пятен в квадрате, шт, не менее:	
- КЛ.1	20
- КЛ.2	15
- КЛ.3	12

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

7.4.6 Разность количества пятен в любых двух квадратах 25×25 должны быть не больше пяти.

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

7.5 Определение отклонения от плоскостности рабочей поверхности

7.5.1 При определении отклонений от плоскостности рабочей поверхности проводят измерения в продольных, поперечных и двух диагональных сечениях. У плит модификации КЛ.1 допускается не проверять промежуточные поперечные сечения.

7.5.2 При поверке плит модификации КЛ.00 должно быть выполнено не менее трех независимых измерений, а модификации КЛ.0 – не менее двух. За результат принимают среднее арифметическое значение.

7.5.3 Число поверяемых точек выбирают в зависимости от размера плиты в соответствие с таблицей 7

Таблица 7 – Число поверяемых точек

Размер длинной стороны плиты, мм	Наименьшее число поверяемых точек, шт.
250	3
400	4
630, 1000	5
1500, 1600	7
2000, 2500, 3000;4000	9

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

7.5.5 При измерении отклонения от плоскостности уровнем, автоколлиматором или приспособлением, приведенным в приложении Б, 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.

При измерении оптической линейкой и при сличении с поверочными линейками в диагональных сечениях достаточно выполнить измерения в трех точках - двух крайних и центральной.

7.5.6 При измерении автоколлиматором, уровнем и приспособлением, приведенным в приложении Б, 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.

Результаты измерений записывают в таблицы (см. табл. В1 – В6 приложения В). Точкам в каждом сечении дают номера 0, 1, 2, ..., n, начиная с крайней левой точки сечения.

7.5.7 При определении отклонения от плоскостности рабочей поверхности сначала проводят измерения в диагональных сечениях и по методикам, приведенным в п.п. 7.5.9-7.5.12 вычисляют отклонения от вспомогательной плоскости в крайних точках диагоналей. Если они не превышают значение допуска плоскостности, проводят измерения в остальных сечениях. В противном случае плиту бракуют.

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

7.5.8 Отклонения от плоскостности плит не должны превышать значений допусков, приведенных в таблице 1 настоящей методики поверки.

7.5.9 Методика измерения отклонения от плоскостности автоколлиматором

Автоколлиматор с доверительной абсолютной погрешностью не более 1" с измерительной кареткой применяется при поверке плит модификаций КЛ.00 и КЛ 0 размерами от 250×250 до 2000×1000 мм и плит модификаций КЛ.1, КЛ.2 и КЛ.3 размерами от 1000×750 до 4000×2000 мм.

Плоское зеркало, входящее в комплект автоколлиматора, закрепляют на измерительной каретке, расстояние между опорами которой устанавливают равным расстоянию между проверяемыми 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 против отметок на боковой поверхности плиты. Положение проверяемых точек в промежуточных и диагональных сечениях определяют по рулетке измерительные металлические 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 отсчёт a_1 по автоколлиматору, после чего каретку последовательно устанавливают на остальные участки проверяемого сечения и снимают отсчёты $a_2, a_3, a_4, \dots, a_n$. Пример записи результатов измерений приведен в таблице В3 и В4 приложения В.

Затем автоколлиматор устанавливают против 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.

7.5.10 Методика измерения отклонения от плоскостности оптической линейкой

Линейки оптические с длиной не менее 630 мм и доверительной абсолютной погрешностью, не более 1,0 мкм, применяются при проверке плит модификаций КЛ.00 и КЛ.0 размерами от 250×250 до 630×400 мм, а линейки оптические с длиной не менее 1000 мм и доверительной абсолютной погрешностью, не более 1,0 мкм при проверке плит модификаций КЛ.0 размерами от 400×400 до 1000×630 мм.

При проверке плит размером до 630×400 мм поверяемую плиту и оптическую линейку рекомендуется устанавливать на плиту большего размера. Линейку помещают на домкраты, позволяющие регулировать ее положение по высоте.

При проверке плит большего размера оптическую линейку устанавливают непосредственно на поверхность поверяемой плиты. В этом случае расстояние опор линейки от краев плиты должно быть достаточным для установки каретки при проверке крайних точек.

Измерения проводят сначала в диагональных сечениях. Оптическую линейку устанавливают вдоль одной из диагоналей, регулировкой высоты опор добиваются, чтобы показания в двух крайних точках были равны и записывают их в таблицу (см. таблицу В1 приложения В). Затем проводят измерение в центральной точке. При установке измерительного наконечника каретки на крайние точки одна из опор выходит за пределы поверяемой плиты. Ее следует поддерживать рукой. Таким же образом проводят измерения в соответствующих точках второй диагонали.

Положение проверяемых точек в крайних сечениях определяют по отметкам на боковых поверхностях плиты, а в промежуточных - по шкале на корпусе оптической линейки. При проверке продольных и поперечных сечений разность показаний в крайних точках не должна превышать 5 - 10 мкм. Пример записи результатов измерений приведен в таблице В2 приложения В.

7.5.11 Методика измерения отклонения от плоскостности электронным уровнем.

Электронные уровни с доверительной абсолютной погрешностью не более 1", применяются при проверке плит модификаций КЛ.1, КЛ.2 и КЛ.3 размерами от 1000×750 до 4000×2000 мм.

Для выполнения измерений с целью компенсации возможного изменения углового положения плиты рекомендуется использовать оба преобразователя, входящие в состав

электронного уровня. Один преобразователь перемещают вдоль проверяемого сечения. Электронные уровни без измерительной каретки закрепляют на измерительной каретке, приведенной в Приложении А. 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, отсчёты снимают по показывающему прибору электронного блока или программному обеспечению персонального компьютера.

7.5.12 Методика измерения отклонения от плоскостности сличением с образцовыми поверочными линейками при помощи приспособления с измерительной головкой

Поверочные линейки типа ШД с длиной не менее 2000 мм с доверительной абсолютной погрешностью не более $(5+5L)$ мкм, где L - длина поверяемой поверхности, м, применяются при проверке плит модификаций КЛ.1, КЛ.2 и КЛ.3 размерами от 1000×750 до 2000×1000 мм.

Сначала проводят измерения в диагональных сечениях. Образцовую линейку помещают на опорные призмы, входящие в состав приспособления (см. приложение Б), и устанавливают ее вдоль одной из диагоналей плиты так, чтобы середина линейки совпала с центром плиты (рисунок 1). 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 образцовой линейки и, установив на шкале близкое к нулю показание, закрепляют головку в стойке. Затем проводят измерения в двух крайних точках диагонали, записывая отсчёты в протокол (см. таблицу В5 приложения В), после чего выполняют измерения во втором диагональном сечении.



Рисунок 1

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

Отсчёты по индикатору $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ записывают в протокол (таблица В6 приложения В).

В случае подтверждения соответствия прибора метрологическим требованиям, результаты проверки считаются положительными и прибор признают годным к применению.

В случае, если соответствие прибора метрологическим требованиям не подтверждено, то

результаты поверки считаются отрицательными и прибор признают непригодным к применению.

8 Обработка результатов измерений

8.1 Обработка результатов измерений автоколлиматором

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

$$C = 4,8 \cdot 10^{-6} \cdot l,$$

где l - расстояние между опорами измерительной каретки.

Полученные значения $h_1 = C (a_1 - a_1) = 0, h_2 = C (a_2 - a_1); h_3 = C (a_3 - a_1); \dots h_n = C (a_n - a_1)$ 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:

$$\begin{aligned} y_1 &= h_1 \\ y_2 &= y_1 + h_2 \\ y_3 &= y_2 + h_3 \\ &\dots \dots \dots \\ y_n &= y_{n-1} + h_n \end{aligned}$$

В общем виде

$$y_i = y_{i-1} + h_i,$$

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 $y_{ц}$, полученные при обработке результатов измерений в диагональных сечениях.

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

$$\begin{aligned} y'_0 &= y_0 - y_{ц}, \\ y'_{ц} &= y_{ц} - y_{ц} = 0 \\ \text{и } y'_n &= y_n - y_{ц}. \end{aligned}$$

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

$$H_n = H_0 = \frac{y'_0 - y'_n}{2}$$

Таким же образом вычисляют отклонения в крайних точках второй диагонали.

8.1.2 Определив значения отклонений в четырех угловых и центральной точке проводят их оценку в соответствии с п. 7.5.9. 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».

8.1.3 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, ..., n - номера точек сечения). Обозначим отклонения в крайних точках одной диагонали H_1 , 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

$$\begin{aligned}y'_0 &= y_0 + H_I, \\y'_1 &= y_1 + H_I; \\y'_2 &= y_2 + H_I, \\&\dots\dots\dots \\y'_n &= y_n + H_I.\end{aligned}$$

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

$$\delta_i = \frac{\delta_n}{n} \cdot i$$

где n - номер последней точки, δ_i - номер точки, для которой вычисляют поправку. Следовательно,

$$\delta_1 = \frac{\delta_n}{n} \cdot 1; \quad \delta_2 = \frac{\delta_n}{n} \cdot 2; \quad \dots; \quad \delta_{n-1} = \frac{\delta_n}{n} \cdot (n-1).$$

Отклонения от вспомогательной плоскости H_i будут равны:

$$H_0 = H_I; \quad H_1 = y'_0 + \delta_1; \quad H_2 = y'_2 + \delta_2; \quad \dots; \quad H_n = y'_n + \delta_n.$$

Полученные значения отклонений выписывают на план поверхности в соответствующих точках (см., например, рисунок В4 приложения В). Для упрощения обработки результатов рекомендуется пользоваться номограммой, приведенной в приложении В.

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 пп. 8.1.2 и 8.1.3 оценивают отклонение от плоскостности поверяемой плиты.

8.2 Обработка результатов измерений оптической линейкой

Порядок обработки результатов рассмотрим, приняв, что отклонение формы исходной прямой оптической линейки, приведенное в свидетельстве о ее поверке, не превышает $1/10$ допуска плоскостности поверяемой плиты и им можно пренебречь. Если это условие не выполняется, то вводят поправки таким же образом, как на отклонение формы поверочных линеек (см. п. 8.4), дополнив соответственно протокол для записи и обработки результатов.

При обработке результатов измерений оптической линейкой ординаты вычисляют только для продольных и поперечных сечений. В диагональных сечениях сразу определяют отклонения от вспомогательной плоскости. Так как отсчеты в крайних точках диагонального сечения равны, вычитая из них отсчет в центральной точке диагонали, получают отклонения от вспомогательной плоскости.

Для определения ординат точек профилей продольных или поперечных сечений отсчет a_0 , полученный в крайней левой точке сечения, вычитают из отсчетов в остальных точках.

Если при измерении в точках сечения получены отсчеты $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$, то ординаты точек соответственно равны: $y_0 = a_0 - a_0 = 0$; $y_1 = a_1 - a_0$; $y_2 = a_2 - a_0$; ...; $y_n = a_n - a_0$.

По значениям ординат вычисляют отклонения от вспомогательной плоскости методом, приведенным в п. 8.1.2.

8.3 Обработка результатов измерений электронным уровнем.

Программное обеспечение электронных уровней позволяет определить непосредственно ординаты y_i точек профилей проверяемых сечений, выраженные в единицах длины (см. п. 7.5.11). Отклонения от вспомогательной плоскости по значениям ординат определяют в соответствии с п. 7.5.9 в последовательности, установленной графами 6 - 8 таблицы В3 и 6 - 9 таблицы В4 приложения В.

8.4 Обработка результатов измерений отклонений от плоскостности сличением с образцовыми поверочными линейками

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

$$y_0 = a_0 - H'_0; \quad y_{II} = a_{II} - H'_{II}; \quad y_n = a_n - H'_n.$$

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

$$y_0 = a_0 - H'_0; \quad y_1 = a_1 - H'_1; \quad y_2 = a_2 - H'_2; \quad \dots; \quad y_n = a_n - H'_n.$$

Поправки на образцовую линейку берут из свидетельства о её 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 графическим методом (см. п. 3 приложения В).

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

$$r = H_I - y_0.$$

Полученное значение r прибавляют ко всем ординатам y_i и получают ординаты

$$y'_0 = y_0 + r = H_I; \quad y'_1 = y_1 + r; \quad y'_2 = y_2 + r; \quad \dots; \quad y'_n = y_n - r.$$

Дальнейшее определение поправок δ_i для вычисления отклонений от вспомогательной плоскости аналогично приведенному в п. 7.5.9. 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. $\delta_n = H_{II} - y'_n$. Поправки δ_i для остальных точек определяют по формуле:

$$\delta_i = \frac{\delta_n}{n} \cdot i$$

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.

8.5 Для определения значения отклонения от плоскостности в соответствии с ГОСТ 24642-81 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.

Конкретные примеры обработки результатов измерений приведены в приложении В.

8.6 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.

8.7 С допускаемым 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 допускаемых отклонений от плоскостности, плиту можно поверить без построения прилегающей плоскости. В противном случае определяют приближенное значение отклонения от прилегающей плоскости по методике, изложенной в приложении В.

9 Оформление результатов поверки

9.1 При положительных результатах поверки плита признается пригодной к применению. Сведения о положительных результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений с указанием объема, проведенной поверки, а на плиту выдается свидетельство о поверке в соответствии с действующим порядком проведения поверки.

Нанесения знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

9.2 При отрицательных результатах поверки плита признается непригодной к применению. Сведения об отрицательных результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, и на плиту выдается извещение о непригодности с указанием основных причин в соответствии с действующим порядком проведения поверки.

Ведущий инженер по метрологии
Инженер по метрологии



К.А. Ревин
Санаева О.В.

Приложение А

(справочное)

Измерительная каретка

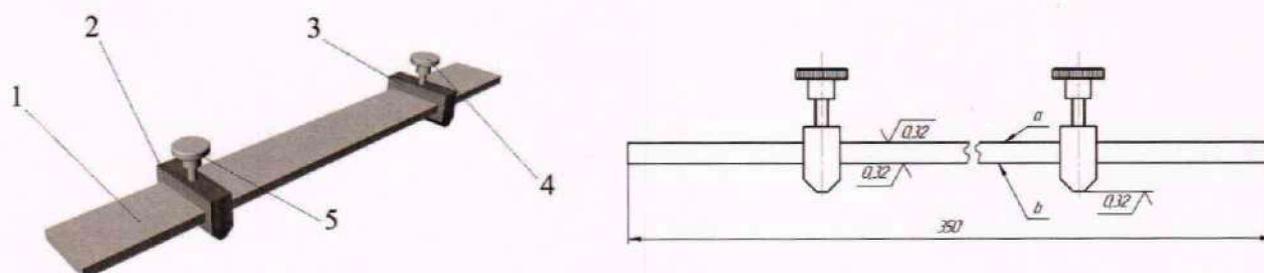


Рисунок А1 – Измерительная каретка

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 проверяемыми 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 проверяемыми точками (см. п. 7.5.3 настоящей методики поверки). Крепежные винты не должны выступать над поверхностью а.

Измерительные поверхности опор должны лежать в одной плоскости.

Таблица А1 – 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 поверки автоколлиматором	20
- для поверки уровнями	10
Отклонение от прямолинейности поверхностей <i>a</i> и <i>b</i> в поперечном направлении, не более, мкм ¹⁾	4
Перекос 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 А2) 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».

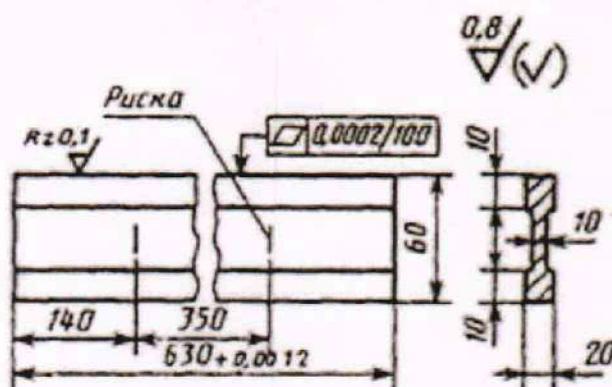


Рисунок А2 – Чертеж контрольного бруска для определения отклонения от прямолинейности поверхностей *a* и *b* измерительной каретки

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:

$$\delta = \frac{\Delta}{0,3 \times n^2},$$

где Δ – допуск плоскостности на всю длины контролируемой поверхности;
 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 А2 – Средства контроля технических характеристик

Наименование характеристики	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Рекомендуемые средства контроля
Отклонение от прямолинейности поверхностей <i>a</i> и <i>b</i> в продольном направлении; Отклонение от прямолинейности поверхностей <i>a</i> и <i>b</i> в поперечном направлении	Брусок контрольный, длина не менее 500 мм, допуск плоскостности не более 1 мкм;	Бруски контрольные БК-500, рег. №666666-17
	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 Туламаш, 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

Окончание таблицы Б2

Наименование характеристики	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Рекомендуемые средства контроля
Отклонение от прямолинейности поверхностей <i>a</i> и <i>b</i> в продольном направлении; Отклонение от прямолинейности поверхностей <i>a</i> и <i>b</i> 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
Перекося измерительных поверхностей; Отклонение от плоскостности поверхностей подвижных опор, соприкасающихся с поверхностью <i>b</i>	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 <i>a</i> 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 ИИГ по ГОСТ 18833-73, диапазон измерений ±0,1 мм, предел допускаемой абсолютной погрешности не более ±1,2 мкм;	Головка измерительная рычажно-зубчатая ИИГ, 2ИГ, рег. №2681-70
	Стойка для измерительных головок	Стойка типа С-III-8-50 по ГОСТ 10197-70
<i>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.</i>		

Приложение Б (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 Б1)

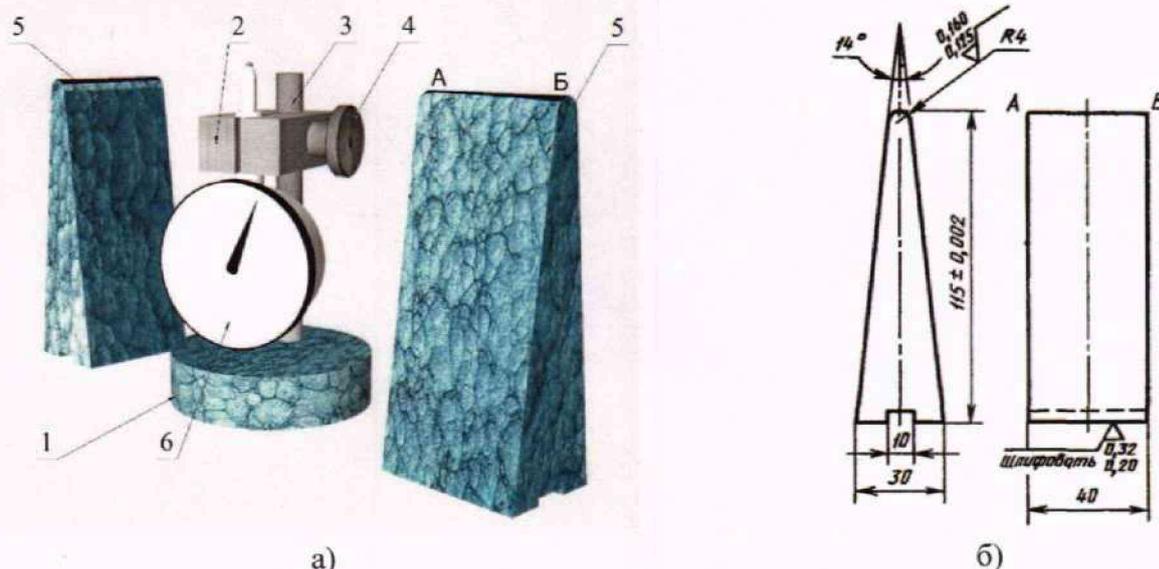


Рисунок Б1 – Приспособление для измерения отклонения от плоскостности методом сличения с поверочными линейками: а) – общий вид приспособления; б) – опорная призма

1 – основание; 2 – кронштейн; 3 – стойка; 4 – зажимной винт; 5 – опорные призмы; 6 – измерительная головка

Таблица Б1 – 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 разновысотность 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:

$$\delta = \frac{\Delta}{0,3 \times n^2},$$

где Δ – допуск плоскостности на всю длины контролируемой поверхности;
 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 Б2 – 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-III-8-50 по ГОСТ 10197-70
	Головка измерительная цифровая, ± 200 мкм, ПГ (до ± 10 мкм $\pm 0,1$ мкм; от ± 10 до ± 40 мкм $\pm 0,2$ мкм; свыше ± 40 мкм $\pm 0,4$ мкм)	Головки измерительные цифровые ИГЦ, ИГЦМ, рег. №76661-19
<i>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.</i>		

Приложение В (справочное)

Примеры обработки результатов измерений отклонений от плоскостности

1. Обработка результатов измерений оптической линейкой

Последовательность обработки результатов измерений рассмотрим на конкретном примере, используя данные, полученные при поверке плиты модификации КЛ.0 размером 630×400 мм. Поскольку согласно п. 7.5.3, число проверяемых точек в продольных сечениях для плит данного размера должно быть не менее пяти, измерения проводились по плану, приведенному на рисунке В1.

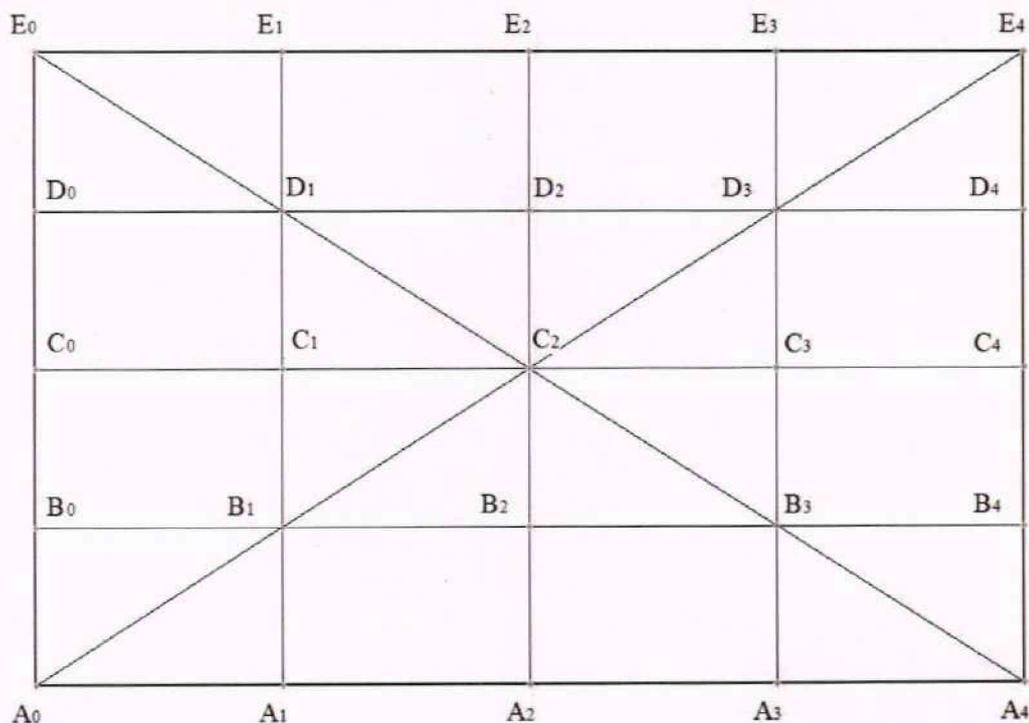


Рисунок В1 – План выполнения измерений

Результаты измерений в диагональных сечениях приведены в таблице В1, в продольных и поперечных - в таблице В2.

Сначала определяют отклонения от вспомогательной плоскости в угловых точках плиты, т. е. в точках A₀, E₄, E₀, A₄. Отклонения в точках A₀ и E₄ определяют по результатам измерения в диагональном сечении A₀E₄, в точках E₀ и A₄ - по результатам измерения в сечении E₀A₄. Для этого отсчёт в центральной точке, полученный при измерении в данном сечении, вычитают из отсчётов в крайних точках. Полученные отклонения от вспомогательной плоскости записывают в таблицу В1.

Поскольку отклонения от вспомогательной плоскости точек A₀, A₄, E₀ и E₄ не превышают допустимого отклонения от плоскостности (6,5 мкм), переходят к определению отклонений точек, расположенных в крайних сечениях A₀A₄, E₀E₄, A₀E₀ и A₄E₄.

Таблица В1 – Результаты измерений в диагональных сечениях

Проверяемые точки	Отсчёты, мкм	Отклонение от вспомогательной плоскости
Сечение А ₀ Е ₄		
А ₀	17	-1
С ₂	18	0
Е ₄	17	-1
Сечение Е ₀ А ₄		
А ₄	16	-2
С ₂	18	0
Е ₀	16	-2

Таблица В2 – Результаты измерений в продольных и поперечных сечениях

Проверяемые точки	Номера точек <i>i</i>	Отсчёты a_i	Ординаты y_i	y'_i	$\delta = \delta_n \frac{\delta_i}{n} i$	$H_i = y'_i + \delta_i$
1	2	3	4	5	6	7
Сечение А ₀ Е ₀						
А ₀	0	17	0	-1	0	-1,0
В ₀	1	15	-2	-3	-0,3	-3,3
С ₀	2	15	-2	-3	-0,5	-3,5
Д ₀	3	15	-2	-3	-0,8	-3,8
Е ₀	4	17	0	-1	-1,0	-2,0
Сечение А ₀ А ₄						
А ₀	0	18	0	-1	0	-1,0
А ₁	1	18	0	-1	-0,3	-1,3
А ₂	2	18	0	-1	-0,5	-1,5
А ₃	3	17	-1	-2	-0,8	-2,8
А ₄	4	18	0	-1	-1,0	-2,0
Сечение А ₄ Е ₄						
А ₄	0	17	0	-2	0	-2,0
В ₄	1	15	-2	-4	+0,3	-3,7
С ₄	2	14	-3	-5	+0,5	-4,5
Д ₄	3	15	-2	-4	+0,8	-3,2
Е ₄	4	17	0	-2	+1,0	-1,0
Сечение Е ₀ Е ₄						
Е ₀	0	17	0	-2	0	-2
Е ₁	1	17	0	-2	+0,5	+1,5
Е ₂	2	18	+1	-1	+1,0	0
Е ₃	3	17	0	-2	+1,5	-0,5
Е ₄	4	16	-1	-3	+2	-1,0
Сечение А ₁ Е ₁						
А ₁	0	17	0	-1,3	0	+3,2
В ₁	1	15	-2	-3,3	-0,4	+1,8
С ₁	2	15	-2	-3,3	-0,7	+1,5
Д ₁	3	15	-2	-3,3	-1,1	+1,1
Е ₁	4	18	0	-1,3	-1,4	+1,8

Окончание таблицы В2

Сечение A ₂ E ₂						
A ₂	0	16	0	-1,5	0	-1,5
B ₂	1	16	0	-1,5	+0,3	-1,2
C ₂	2	15	-1	-2,5	+0,7	-1,8
D ₂	3	16	0	-1,5	+1,1	-0,4
E ₂	4	16	0	-1,5	+1,5	0
Сечение A ₃ E ₃						
A ₃	0	17	0	-2,8	0	-2,8
B ₃	1	16	-1	-3,8	+0,5	-3,3
C ₃	2	15	-2	-4,8	+1,1	-3,7
D ₃	3	16	-1	-3,8	+1,7	-2,1
E ₃	4	17	0	-2,8	+2,3	-0,5
Сечение B ₀ B ₄						
B ₀	0	18	0	-3,3	0	-3,3
B ₁	1	17	-1	-4,3	+0,1	-4,2
B ₂	2	19	+1	-2,3	+0,3	-2,0
B ₃	3	17	-1	-4,3	+0,4	-3,9
B ₄	4	17	-1	-4,3	+0,6	-3,7
Сечение C ₀ C ₄						
C ₀	0	17	0	-3,5	0	-3,5
C ₁	1	17	0	-3,5	0	-3,5
C ₂	2	19	+1	-2,5	0	-2,5
C ₃	3	17	0	-3,5	0	-3,5
C ₄	4	16	-1	-4,5	0	-4,5
Сечение D ₀ D ₄						
D ₀	0	18	0	-3,8	0	-3,8
D ₁	1	17	-1	-4,8	+0,6	-4,2
D ₂	2	19	-1	-2,8	+1,3	-1,5
D ₃	3	17	-1	-4,8	+1,9	-2,9
D ₄	4	16	-2	-5,8	+2,6	-3,2

Примечание. По измерительным барабанам оптической линейки отсчёты производят с точностью до десятых долей микрометра.

Последовательность вычислений рассмотрим на примере сечения A₀A₄. При проверке сечения A₀A₄ в точках A₀, A₁, A₂, A₃ и A₄ получены отсчёты a₀, a₁, a₂, a₃ и a₄, которые соответственно равны 18, 18, 18, 17 и 18 мкм (графа 3, таблица В2). Определяем ординаты y_i точек кривой профиля сечения, вычитая отсчёт в точке A₀ из всех отсчётов. Полученные значения 0; 0; 0; -1; 0 записывают в графу 4. Согласно таблице В1 отклонения точек A₀ и A₄ от вспомогательной плоскости соответственно равны (-1) и (-2) мкм. Сначала ко всем ординатам прибавляют (-1) мкм, чтобы в точке A₀ получить значение, равное отклонению от вспомогательной плоскости. После суммирования получают ординаты y'_i равные -1; -1; 0; -1; 0 мкм (графа 5, таблица В2). Для того, чтобы в точке A₄ получить значение, равное отклонению от вспомогательной плоскости (-2) мкм, к полученному для нее значению в графе 5 (0 мкм) прибавляют поправку δ₄, которая равна разности между отклонениями от вспомогательной плоскости и значением приведенным в графе 5, т. е. δ₄ = (-1) - 0 = -1 мкм. Поправка для точки A₀ равна нулю, а для остальных точек поправки определяют по формуле:

$$\delta_i = \frac{\delta_4}{4} \cdot i$$

где *i* - порядковый номер точки (графа 2 в таблице В2).

Следовательно,

$$\delta_1 = \frac{\delta_4}{4} \cdot 1 = \frac{(-1)}{4} \cdot 1 \approx -0,3 \text{ мкм}; \quad \delta_2 = \frac{(-1)}{4} \cdot 2 = -0,5 \text{ мкм}; \quad \delta_3 = \frac{(-1)}{4} \cdot 3 \approx -0,8 \text{ мкм}$$

Поправки $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ прибавляют к значениям, приведенным в графе 5, и получают отклонения от вспомогательной плоскости для всех точек сечения (графа 7).

Аналогично определяют отклонения от вспомогательной плоскости в точках сечений A_0E_0, E_0E_4, E_4A_4 . Полученные результаты записывают на план поверхности в соответствующих точках (рисунок В2).

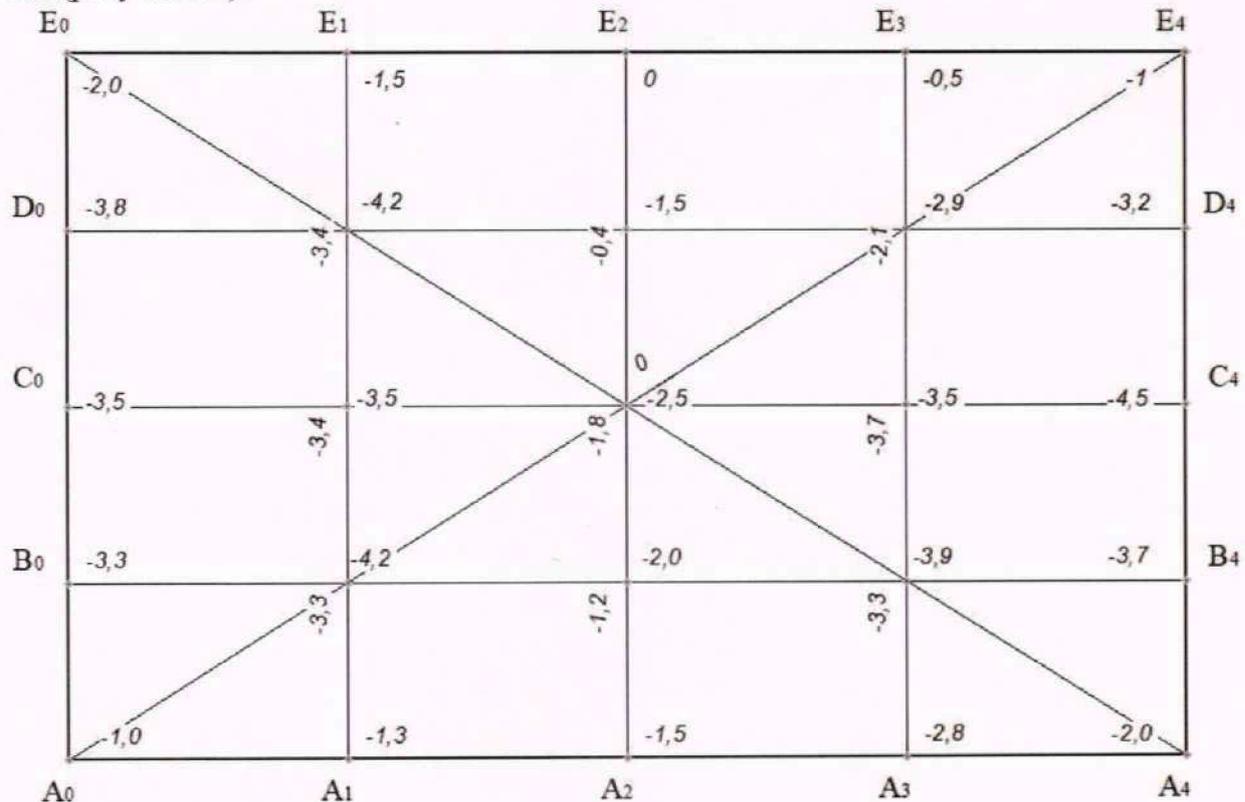


Рисунок В2 – План поверхности

После того, как найдены отклонения от вспомогательной плоскости во всех точках, расположенных по контуру, их используют в качестве «точек привязки» для определения отклонений от вспомогательной плоскости в промежуточных сечениях.

Рассмотрим обработку результатов для одного из промежуточных сечений, например, сечения A_1E_1 . Измерения начинали с точки A_1 , поэтому точки A_1, B_1, C_1, D_1, E_1 (графа 1, таблица В2) имеют соответственно номера 0, 1, 2, 3, 4 (графа 2).

При измерении в этих точках получены отсчёты 17, 15, 15, 15 и 17 мкм (графа 3). Сначала определяют ординаты y_i , вычитая отсчёт в точке A_1 из остальных отсчётов, и получают 0; -2; -2; -2 и 0 мкм (графа 4). Отклонения от вспомогательной плоскости в точках A_1 и E_1 , полученные при обработке результатов измерений сечений A_0A_4 и E_0E_4 , равны (-1,3) и (-1,5) мкм (графа 7 таблица В2, сечения A_0A_4 и E_0E_4). Прибавляют ко всем значениям (-1,3) мкм и получают -1,3; -3,3; -3,3; -3,3; -1,3 мкм (графа 5). Теперь в точке A_1 имеют значение, соответствующее отклонению от вспомогательной плоскости, а в точке E_1 вместо (-1,5) мкм имеют значение (-1,3) мкм. Чтобы в точке E_1 получить значение, равное отклонению от вспомогательной плоскости, следует прибавить поправку. Поправка δ_4 равна $(-1,5) - (-1,3) = (-0,2)$ мкм. Так как в поперечных сечениях такое же число проверяемых точек, как и в продольных, номер последней точки сечения E_1 также равен 4. Поэтому поправки для точек B_1, C_1 и D_1 определяют по формуле:

$$\delta_i = \frac{\delta_4}{4} \cdot i$$

Они соответственно равны 0; -0,1 и -0,1 мкм. Прибавляя эти значения к значениям, приведенным в графе 5 для этих точек, получаем отклонения точек B_1, C_1 и D_1 от

вспомогательной плоскости. Они равны -3,3; -3,4 и -3,4 мкм (графа 7). Результаты записывают на план (рисунок В2).

Всем точкам, кроме расположенных в крайних сечениях, соответствуют два значения. Одно получено при поверке продольных, а другое - поперечных сечений. Вычисляют среднее арифметическое этих значений, которое и принимают за отклонение от вспомогательной плоскости в данной точке.

Наибольшее отклонение от вспомогательной плоскости равно (-4,5) мкм. Это значение не превышает допусковое отклонение от плоскостности (7 мкм).

2. Обработка результатов измерений автоколлиматором

Для рассмотрения последовательности обработки результатов измерений используем результаты, полученные при поверке плиты модификации КЛ.1 размером 1500×1000 мм. В продольных и поперечных сечениях измерения проводились с шагом 250 мм, в диагональных - с шагом 300 мм. План поверхности с обозначением проверяемых точек и сечений изображен на рисунке В3.

Сначала вычисляют отклонения от вспомогательной плоскости в диагональных сечениях на примере сечения А₀Е₆. Результаты измерений и последовательность их обработки приведены в таблице В3.

Таблица В3 – Результаты измерений

Проверяемые точки	Номера точек i	Отсчёты a_i	$a_i - a_1$	$h_i = C \cdot (a_i - a_1)$, мкм	$y_i = y_{i-1} + h_i$	$y_i - y_3$	H_i
1	2	3	4	5	6	7	8
Сечение А ₀ Е ₆							
А ₀	0	-	-	-	0	-5,6	+13
К ₁	1	5'04"	0	0	0	-	-
К ₂	2	5'06"	+2"	+2,8	+2,8	-	-
0	3	5'06"	+2"	+2,8	+5,6	0	0
К ₃	4	5'10"	+6"	+8,4	+14,0	-	-
К ₄	5	5'12"	+8"	+11,2	+25,2	-	-
Е ₆	6	5'12"	+8"	+11,2	+36,4	+30,8	+13
Сечение Е ₀ А ₆							
Е ₀	0	-	-	-	0	-5,6	+11
Л ₁	1	5'00"	0	0	0	-	-
Л ₂	2	5'02"	+2"	+2,8	+2,8	-	-
0	3	5'02"	+2"	+2,8	+5,6	0	0
Л ₃	4	5'03"	+3"	+4,2	+9,8	-	-
Л ₄	5	5'07"	+7"	+9,8	+19,6	-	-
А ₆	6	5'09"	+9"	+12,6	+32,2	+26,6	+11

При измерении в сечении А₀Е₆ получены отсчёты a_i , приведенные в графе 3. Прежде всего, вычитают отсчёт в точке 1 из отсчётов в остальных точках. Полученные разности 0; +2"; +2"; +6"; +8" и +8" записывают в графу 4. Затем значения графы 4 умножают на постоянную $C = 4,8 \cdot 10^{-6} \cdot l$.

Для диагональных сечений $l = 300$ мм, следовательно, $C = 4,8 \cdot 10^{-6} \cdot 300 \approx 0,0014$ мм = 1,4 мкм. После умножения получают значения 0, +2,8; +2,8; +8,4; +11,2; +11,2 мкм (графа 5). Эти значения последовательно суммируют и получают ординаты точек профиля сечения. Они равны 0; 0; +2,8; +5,6; +14,0; +25,2; +36,4 мкм (графа 6). Отклонения от вспомогательной плоскости определяют только в крайних и в центральной точках сечения, т. е. в точках А₀, 0 и Е₆. Ординаты

в этих точках, согласно графе 6, равны соответственно 0; +5,6; +32,2 мкм. Сначала из всех ординат вычитают ординату u_3 точки 0 и получают -5,6; 0; +30,8 мкм (графа 7). Затем находят отклонения от вспомогательной плоскости в крайних точках сечения. Они равны:

$$\frac{(-5,6) + 30,8}{2} = 12,6 \approx 13 \text{ мкм.}$$

Аналогично определяют отклонения от вспомогательной плоскости в крайних точках диагонального сечения $E_0 A_6$. Они равны +11 мкм.

Отклонения угловых точек в сечении $A_0 E_6$ и в сечении $E_0 A_6$ имеют одинаковые знаки. Поэтому учитывают максимальное значение +13 мкм. Так как оно не превышает допустимого отклонения от плоскостности для плит модификаций КЛ.1 данного размера, равного 25 мкм, определяют отклонения от вспомогательной плоскости в других сечениях плиты.

В том случае, если отклонения угловых точек в диагональных сечениях будут иметь разные знаки, определяют их алгебраическую разность. Полученное значение сравнивают с допустимым.

Пример записи результатов измерений продольных и поперечных сечений приведён в таблице В3. Рассмотрим оформление результатов измерений на примере сечения $A_0 E_0$

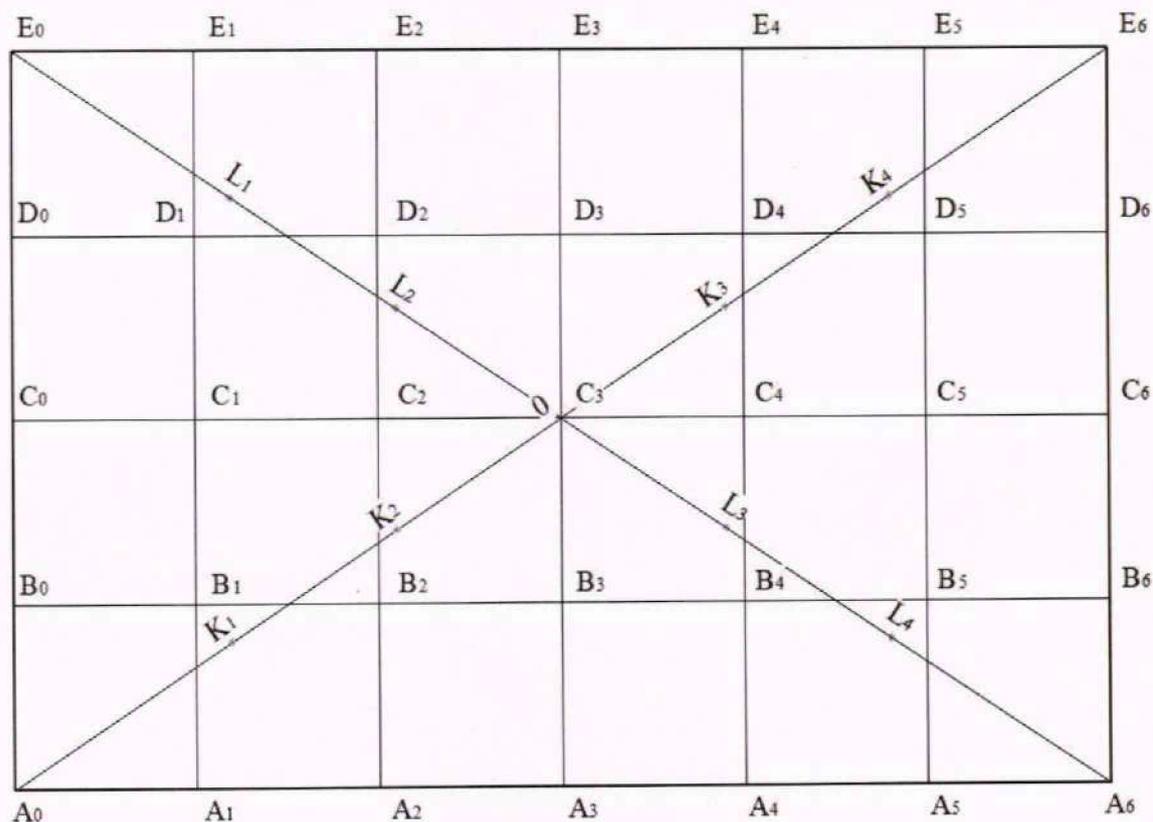


Рисунок В3 – План поверхности с обозначением проверяемых точек и сечений

Первый отсчёт проводился на участке $A_0 B_0$ поэтому нумерацию точек начинают с точки B_0 . Сначала определяют разности $a_i - a_1$, вычитая отсчёт в точке 1 из отсчётов в других точках (графа 4). Полученные значения умножают на постоянную $C = 4,8 \cdot 10^{-6} \cdot l$.

Для продольных и поперечных сечений $l = 250$ мм, следовательно, $C = 4,8 \cdot 10^{-6} \cdot 250 = 0,0012$ мм = 1,2 мкм и результаты записывают в графу 5. По данным графы 5 вычисляют ординаты u_i во всех проверенных точках сечения. Для этого значения, приведённые в графе 5, последовательно суммируют. После того, как определены ординаты u_i точек профиля, по методике, описанной в п. 5.5.1 и разд. 1 приложения В настоящей методики, определяют отклонения от вспомогательной плоскости. Для этого сначала прибавляют ко всем ординатам отклонение от вспомогательной плоскости в начальной точке сечения (A_0), равное +13 мкм (графа 8, табл. В3). Результаты записывают в графу 7 таблицы В4, после чего определяют поправку δ_4 для конечной точки сечения E_0 :

$$\delta_4 = 11 - 19 = -8 \text{ мкм.}$$

Так как номер последней точки сечения A_0E_0 равен 4, поправки точек B_0, C_0, D_0 вычисляются по формуле

$$\delta_i = \frac{\delta_4}{4} \cdot i$$

Поправки приведены в графе 8. Прибавляя поправки к значениям y'_i получают отклонения от вспомогательной плоскости (графа 9).

Таблица В4 – Результаты измерений

Проверяемые точки	Номера точек i	Отсчёты a_i	$a_i - a_1$	$h_i = C \cdot (a_i - a_1)$, мкм	$y_i = y_{i-1} + h_i$	$y'_i = y_i + H_0$	$\delta_i = \frac{\delta_n}{n} \cdot i$	$H_i = y'_i + \delta_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сечение A_0E_0								
A_0	0	-	-	-	0	+13,0	0	+13,0
B_0	1	5'04"	0	0	0	+13,0	-2,0	+11,0
C_0	2	5'05"	+1"	+1,2	+1,2	+14,2	-4,0	+10,2
D_0	3	5'06"	+2"	+2,4	+3,6	+16,6	-6,0	+10,6
E_0	4	5'06"	+2"	+2,4	+6,0	+19,0	-8,0	+11,0
Сечение A_0A_6								
A_0	0	-	-	-	0	+13,0	0	+13,0
A_1	1	5'04"	0	0	0	+13,0	-1,5	+11,5
A_2	2	5'05"	+1"	+1,2	+1,2	+14,2	-3,0	+11,2
A_3	3	5'05"	+1"	+1,2	+2,4	+15,4	-4,6	+10,8
A_4	4	5'05"	+1"	+1,2	+3,6	+16,6	-6,1	+10,5
A_5	5	5'06"	+2"	+2,4	+6,0	+19,0	-7,6	+11,4
A_6	6	5'05"	+1"	+1,2	+7,2	+20,2	-9,2	+11,0
Сечение A_6E_6								
A_6	0	-	-	-	0	+11,0	0	+11,0
B_6	1	5'04"	0	0	0	+11,0	-1,0	+10,0
C_6	2	5'05"	+1"	+1,2	+1,2	+12,2	-2,0	+10,2
D_6	3	5'05"	+1"	+1,2	+2,4	+13,4	-3,0	+10,4
E_6	4	5'07"	+3"	+3,6	+6,0	+17,0	-4,0	+13,0
Сечение E_0E_6								
E_0	0	-	-	-	0	+11,0	0	+11,0
E_1	1	5'04"	0	0	0	+11,0	-0,5	+10,5
E_2	2	5'03"	-1"	-1,2	-1,2	+9,8	-0,9	+8,9
E_3	3	5'01"	-3"	-3,6	-4,8	+6,2	-1,4	+4,8
E_4	4	5'04"	0	0	-4,8	+6,2	-1,9	+4,3
E_5	5	5'06"	+2"	+2,4	-2,4	+8,6	-2,3	+6,3
E_6	6	5'10"	+6"	+7,2	+4,8	+15,8	-2,8	+13,0

Продолжение таблицы В4

Проверяемые точки	Номера точек i	Отсчёты a_i	$a_i - a_1$	$h_i = C \cdot (a_i - a_1)$, мкм	$y_i = y_{i-1} + h_i$	$y'_i = y_i + H_0$	$\delta_i = \frac{\delta_n}{n} \cdot i$	$H_i = y'_i + \delta_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сечение А ₁ Е ₁								
А ₁	0	-	-	-	0	+11,5	0	+11,5
В ₁	1	5'06"	0	0	0	+11,5	-1,5	+10,0
С ₁	2	5'07"	+1"	+1,2	+1,2	+12,7	-2,9	+9,8
Д ₁	3	5'07"	+1"	+1,2	+2,4	+13,9	-4,4	+9,5
Е ₁	4	5'08"	+2"	+2,4	+4,8	+16,3	-5,8	+10,5
Сечение А ₂ Е ₂								
А ₂	0	-	-	-	0	+11,2	0	+11,2
В ₂	1	5'05"	0	0	0	+11,2	-1,5	+9,7
С ₂	2	5'06"	+1"	+1,2	+1,2	+12,4	-3,0	+9,4
Д ₂	3	5'06"	+1"	+1,2	+2,4	+13,6	-4,4	+9,2
Е ₂	4	5'06"	+1"	+1,2	+3,6	+14,8	-5,9	+8,9
Сечение А ₃ Е ₃								
А ₃	0	-	-	-	0	+10,8	0	+10,8
В ₃	1	5'04"	0	0	0	+10,8	-0,6	+10,2
С ₃	2	5'01"	-3"	-3,6	-3,6	+7,2	-1,2	+6,0
Д ₃	3	5'06"	+2"	+2,4	-1,2	+9,6	-1,8	+7,8
Е ₃	4	5'08"	+4"	+4,8	+3,6	+7,2	-2,4	+4,8
Сечение А ₄ Е ₄								
А ₄	0	-	-	-	0	+10,5	0	+10,5
В ₄	1	5'03"	0	0	0	+10,5	+3,1	+13,6
С ₄	2	5'02"	-1"	-1,2	-1,2	-9,3	+6,2	-3,1
Д ₄	3	5'02"	-1"	-1,2	-2,4	-8,1	+9,3	+1,2
Е ₄	4	5'03"	0	0	-2,4	-8,1	+12,4	+4,3
Сечение А ₅ Е ₅								
А ₅	0	-	-	-	0	+11,4	0	+11,4
В ₅	1	5'02"	0	0	0	+11,4	-1,3	+10,1
С ₅	2	5'01"	-1"	-1,2	-1,2	+10,2	-2,6	+7,6
Д ₅	3	5'02"	0	0	-1,2	+10,2	-3,8	+6,4
Е ₅	4	5'03"	+1"	+1,2	0	+11,4	-5,1	+6,3
Сечение В ₀ В ₆								
В ₀	0	-	-	-	0	+11,0	0	+11,0
В ₁	1	5'05"	0	0	0	+11,0	-0,6	+10,4
В ₂	2	5'06"	+1"	+1,2	+1,2	+12,2	-1,1	+11,1
В ₃	3	5'05"	0	0	+1,2	+12,2	-1,7	+10,5
В ₄	4	5'04"	-1"	-1,2	0	+11,0	-2,3	+8,7
В ₅	5	5'06"	+1"	+1,2	+1,2	+12,2	-2,8	+9,4
В ₆	6	5'06"	+1"	+1,2	+2,4	+13,4	-3,4	+10,0

Окончание таблицы В4

Проверяемые точки	Номера точек i	Отсчёты a_i	$a_i - a_1$	$h_i = C \cdot (a_i - a_1)$, мкм	$y_i = y_{i-1} + h_i$	$y'_i = y_i + H_0$	$\delta_i = \frac{\delta_n}{n} \cdot i$	$H_i = y'_i + \delta_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сечение C_0C_6								
C_0	0	-	-	-	0	+10,2	0	+10,2
C_1	1	5'03"	0	0	0	+10,2	-0,4	+9,8
C_2	2	5'01"	-2"	-2,4	-2,4	+7,8	-0,8	+7,0
C_3	3	4'59"	-4"	-4,8	-7,2	+3,0	-1,2	+1,8
C_4	4	5'04"	+1"	+1,2	-6,0	+4,2	-1,6	+2,6
C_5	5	5'06"	+3"	+3,6	-2,4	+7,8	-2,0	+5,8
C_6	6	5'07"	+4"	+4,8	+2,4	+12,6	-2,4	+10,2
Сечение D_0D_6								
D_0	0	-	-	-	0	+10,6	0	+10,6
D_1	1	5'03"	0	0	0	+10,6	-0,4	+10,2
D_2	2	5'02"	-1"	-1,2	-1,2	+9,4	-0,9	+8,5
D_3	3	5'02"	-1"	-1,2	-2,4	+8,2	-1,3	+6,9
D_4	4	5'02"	-1"	-1,2	-3,6	+7,0	-1,7	+5,3
D_5	5	5'04"	+1"	+1,2	-2,4	+8,2	-2,2	+6,0
D_6	6	5'57"	+4"	+4,8	+2,4	+13,0	-2,6	+10,4

Полученные результаты записывают на план поверхности в соответствующих точках (рисунок В4).

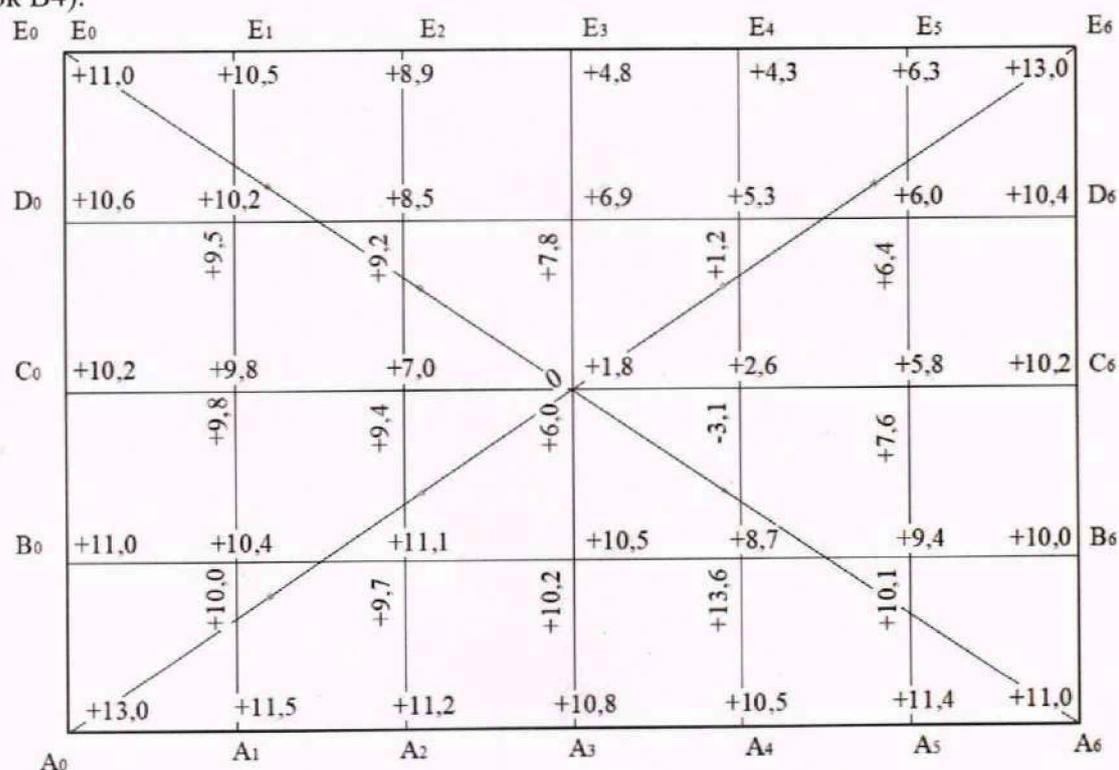


Рисунок В4 – План поверхности с результатами в соответствующих точках

Всем точкам, кроме расположенных в крайних сечениях, соответствуют два значения. Одно получено при проверке продольных, а другое – поперечных сечений. Вычисляют среднее арифметическое этих значений, которое и принимают за отклонение от вспомогательной плоскости в данной точке. Наибольшее значение +13 мкм (в точках A_0 и E_6 , наименьшее (-0,3) мкм в точке C_4).

Таким образом, наибольшее отклонение от вспомогательной плоскости равно 13,3 мкм. Это значение не превышает допусковое отклонение от плоскостности (25 мкм).

3 Обработка результатов измерений методом сличения с образцовыми поверочными линейками

Последовательность обработки результатов рассмотрим, используя данные поверки плиты модификации КЛ.2 размером 1600×1000 мм. Для поверки диагональных сечений использовалась образцовая линейка длиной 2000 мм, для поверки продольных сечений - линейка длиной 1600 мм, для поверки поперечных продольных сечений - линейка длиной 1000 мм. Проверяемые сечения и отсчеты по индикатору, полученные при измерениях, приведены на рисунках В7 и В8.

В результаты измерений входят погрешности за счет отклонения от прямолинейности поверочных линеек, поэтому прежде всего вводят поправки на образцовые линейки. Их берут из свидетельства о поверке. Если точки, в которых проводились измерения, не совпадают с точками, приведенными в свидетельстве, поправки определяют следующим образом. При помощи графических компьютерных программ, по данным свидетельства строят профилограммы образцовой линейки и рассчитывают отклонения в нужных точках.

Поскольку длина проверяемого диагонального сечения плиты равна 1887 мм, на графике (см. рисунок В5) отмечают точки, расположенные симметрично по отношению к центру линейки на расстоянии 1887 мм друг от друга. Проводят линию, соединяющую эти точки.

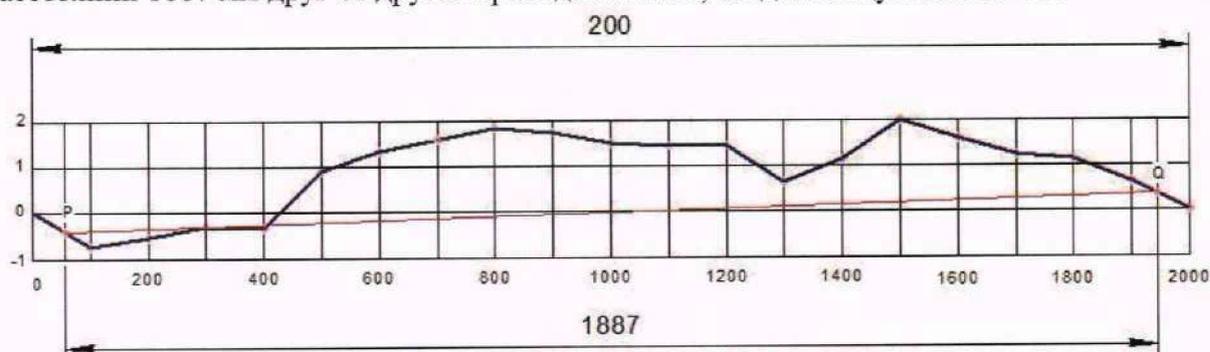


Рисунок В5 – График с точками, расположенными симметрично по отношению к центру линейки

Повернув, кривую таким образом, чтоб прямая PQ приняла горизонтальное положение (см. рисунок В6), находят значения отклонения от плоскостности для длины 1887 мм.

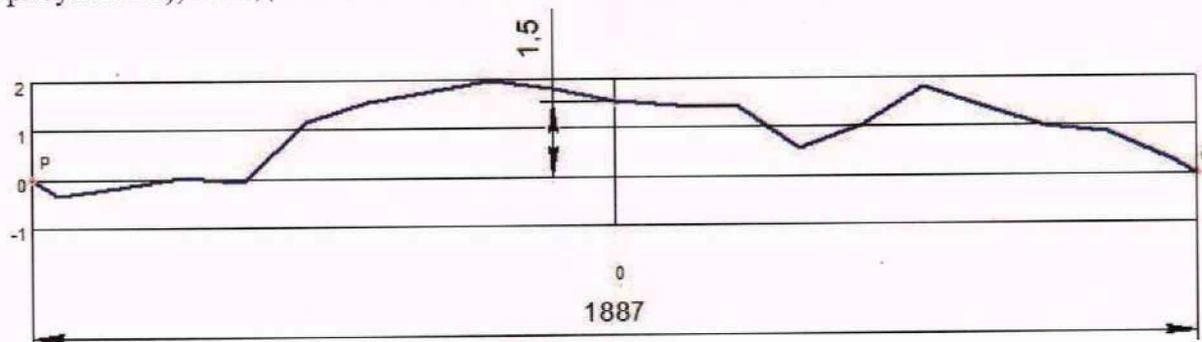


Рисунок В6 – График с поворотом кривой

В диагональных сечениях измерения проводят только в центральной и двух крайних точках. Для этих точек и определяют поправки. Как видно на графике (см. рисунок В6), отклонения крайних точек от прямой PQ равны нулю, а отклонение центральной точки O равно +1,5 мкм. Эти значения и являются поправками на образцовую линейку (графа 4, таблица В5).

При проверке в продольных сечениях при помощи линейки длиной 1600 мм и поперечных – при помощи линейки длиной 1000 мм используется вся длина линейки, следовательно, поправки на образцовую линейку берутся из протокола поверки линейки.

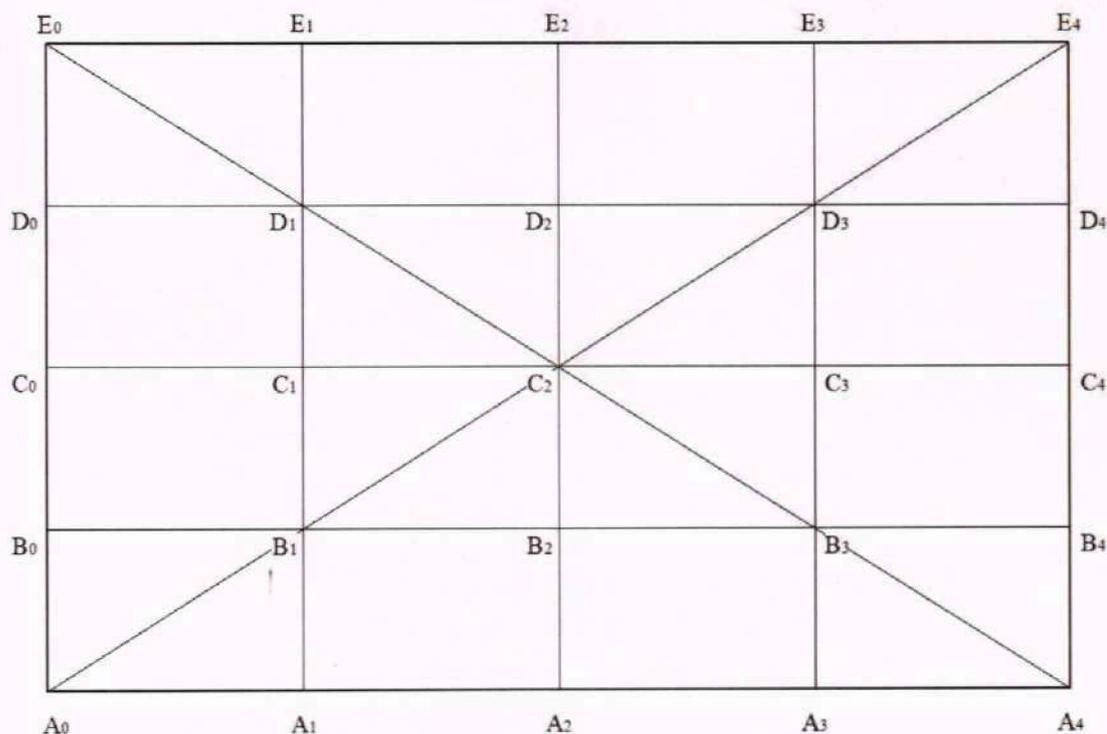


Рисунок В7 – Проверяемые сечения и отсчеты по индикатору

Таблица В5 – Таблица поправок на образцовую линейку

Проверяемые точки	Номера точек i	Отсчёты a_i	Поправки на эталонную линейку $H_{iобр}$	$y_i = a_i - H_{iобр}$	$y'_i = y_i - y_1$	Отклонения от вспомогательной плоскости $H = \frac{y'_0 + y'_2}{2}$
1	2	3	4	5	6	7
Сечение A0 E4						
A0	0	+11	0	+11	+12,5	+8
C2	1	0	+1,5	-1,5	0	0
E4	2	+2	0	+2	+3,5	+8
Сечение E0 A4						
E0	0	-2	0	-2	-7,5	-3
C2	1	+4	+1,5	+3,5	0	0
A4	2	+7	0	+7	+1,5	-3

Дальнейшую обработку результатов проводят аналитическим методом. Пример записи результатов измерений приведен в таблице В6 и одинаков для всех продольных и поперечных сечений.

Таблица В6 – Пример записи результатов измерений

Проверяемые точки	Номера точек i	Отсчёты a_i	$H_{iобр}$	$y_i = a_i - H_{iобр}$	$y'_i = y_i + r$	$\delta_i = \frac{\delta_n}{n} \cdot i$	$H_i = y'_i + \delta_i$
1	2	3	4	5	6	7	8
Сечение A0A4							
A0	0	+15	0	+15,0	+8,0	0	+8
A1	1	+12	-0,7	+12,7	+5,7	+1,8	+7,5
A2	2	+10	+3,5	+6,5	-0,5	+3,5	+3,0
A3	3	+12	+1,3	+10,7	+3,7	+5,3	+9,1
A4	4	+3	0	+3,0	-4,0	+7,0	+3,0

Продолжение таблицы В6

Проверяемые точки	Номера точек i	Отсчёты a_i	$H_{\text{юбр}}$	$y_i = a_i - H_{\text{юбр}}$	$y'_i = y_i + r$	$\delta_i = \frac{\delta_n}{n} \cdot i$	$H_i = y'_i + \delta_i$
1	2	3	4	5	6	7	8
Сечение E ₀ E ₄							
E ₀	0	-5	0	-5,0	+3,0	0	+3,0
E ₁	1	-10	-0,7	-9,3	-1,3	+1,8	+0,5
E ₂	2	-12	+3,5	-15,5	-7,5	+3,5	-4,0
E ₃	3	-13	+1,3	-14,3	-6,3	+5,3	-1,0
E ₄	4	-7	0	-7,0	+1,0	+7,0	+8,0
Сечение A ₀ E ₀							
A ₀	0	+3	0	+3,0	+8,0	0	+8,0
B ₀	1	+7	+1	+6,0	+11,0	-2,3	+8,7
C ₀	2	+15	+0,5	+14,5	+19,5	-4,5	+15,0
D ₀	3	+12	+0,3	+11,7	+16,7	-6,8	+9,9
E ₀	4	+7	0	+7,0	+12,0	-9,0	+3,0
Сечение A ₄ E ₄							
A ₄	0	+8	0	+8,0	+3,0	0	+3
B ₄	1	+13	+1	+12,0	+7,0	+0,3	+7,3
C ₄	2	+10	+0,5	+9,5	+4,5	+0,5	+5,0
D ₄	3	+8	+0,3	+7,7	+2,5	+0,8	+3,3
E ₄	4	+12	0	+12,0	+7,0	+1,0	+8,0
Сечение B ₀ B ₄							
B ₀	0	+13	0	+13,0	+8,7	0	+8,7
B ₁	1	+10	-0,7	+10,7	+6,4	+0,7	+7,1
B ₂	2	+7	+3,5	+3,5	-0,8	+1,3	+0,5
B ₃	3	+12	+1,3	+10,7	+6,4	+2,0	+8,4
B ₄	4	+9	0	+9,0	+4,7	+2,6	+7,3
Сечение C ₀ C ₄							
C ₀	0	+8	0	+8,0	+15,0	0	+15,0
C ₁	1	+3	-0,7	+3,7	+10,7	+0,8	+11,5
C ₂	2	+5	+3,5	+1,5	+8,5	+1,5	+10,0
C ₃	3	+2	+1,3	+0,7	+7,7	+2,3	+10,0
C ₄	4	-5	0	-5,0	+2,0	+3,0	+5,0
Сечение D ₀ D ₄							
D ₀	0	+10	0	+10,0	+9,9	0	+9,9
D ₁	1	+8	-0,7	+8,7	+8,6	-1,4	+7,2
D ₂	2	+12	+3,5	+8,5	+8,4	-2,8	+5,6
D ₃	3	+13	+1,3	+11,7	+11,6	-4,2	+7,4
D ₄	4	+9	0	+9,0	+8,9	-5,6	+3,3
Сечение A ₁ E ₁							
A ₁	0	+9	0	+9,0	+7,5	0	+7,5
B ₁	1	+11	+1	+10,0	+8,5	-2,8	+5,7
C ₁	2	+5	+0,5	+4,5	+3,0	-5,5	-2,5
D ₁	3	+7	+0,3	+6,7	+5,2	-8,3	-3,1
E ₁	4	+13	0	+13,0	+11,5	-11,0	+0,5

Окончание таблицы В6

Сечение A ₂ E ₂							
A ₂	0	+8	0	+8,0	+3,0	0	+3,0
B ₂	1	+10	+1	+9,0	+4,0	+1,0	+5,0
C ₂	2	+5	+0,5	+4,5	-1,5	+2,0	+0,5
D ₂	3	+2	+0,3	+1,7	-3,3	+3,0	-0,3
E ₂	4	-5	0	-5,0	0	+4,0	-4,0
Сечение A ₃ E ₃							
A ₃	0	+2	0	+2,0	+9,1	0	+9,1
B ₃	1	-5	+1	-6,0	+1,1	0	+1,1
C ₃	2	-7	+0,5	-7,5	-0,4	-0,1	-0,5
D ₃	3	-2	+0,3	-2,3	+4,8	-0,1	+4,7
E ₃	4	-8	0	-8,0	-0,9	-0,1	-1,0

Рассмотрим последовательность обработки результатов на примере крайнего сечения A₀A₄. Сначала из полученных при измерении отсчетов a_i вычитают поправки на образцовую линейку N_{л.обр} (графа 4, таблица В5) и получают ординаты у точек профиля сечения.

Затем вычисляют отклонения от вспомогательной плоскости. Для этого сначала определяют разность γ между отклонением от вспомогательной плоскости точки A₀, полученным при обработке результатов измерений диагональных сечений и ее ординатой y₀ (графа 5 таблица В5). Отклонение от вспомогательной плоскости равно +8 мкм, а ордината +15 мкм. Следовательно, γ = +8 - (+15) = -7 мкм. Прибавляют значение γ к значениям ординат y_i во всех точках (графа 6). При этом в точке A₀ получают ординату y'₀, равную отклонению от вспомогательной плоскости (+8 мкм). Дальнейшая обработка результатов аналогична приведенной в п. 12.1. Вычисляют поправку δ_n для точки A₄. Она равна разности между отклонением от вспомогательной плоскости, определенным из диагонального сечения E₀A₄ и ординатой y'_n, т. е. δ₄ = +8 - (+4) = +4 мкм. Для остальных точек определяют поправки по формуле

$$\delta_i = \frac{\delta_4}{4} \cdot i$$

Прибавляя поправки к значениям ординат y'_i, определяют отклонения от вспомогательной плоскости всех точек сечения (графа 8).

Аналогично вычисляют отклонение от вспомогательной плоскости в точках остальных сечений.

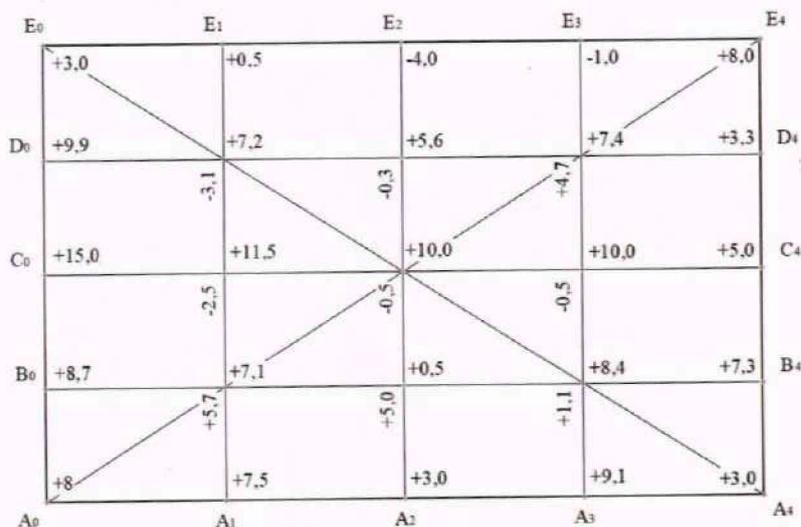


Рисунок В8 – Проверяемые сечения и отсчеты по индикатору

Алгебраическая разность наибольшего положительного и наибольшего отрицательного отклонений равна H = 15 - (-4) = +19 мкм, что не превышает допуск плоскостности (26 мкм).