

2907-72

КОМИТЕТ СТАНДАРТОВ,
МЕР И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
при СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР



**МЕТОДИЧЕСКИЕ
УКАЗАНИЯ
№ 287**

**ПО ПОВЕРКЕ ПОВЕРОЧНЫХ
И РАЗМЕТОЧНЫХ ПЛИТ**

КОМИТЕТ СТАНДАРТОВ,
МЕР И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
при СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

МЕТОДИЧЕСКИЕ
УКАЗАНИЯ
№ 287

ПО ПОВЕРКЕ ПОВЕРОЧНЫХ И РАЗМЕТОЧНЫХ ПЛИТ

ИЗДАТЕЛЬСТВО КОМИТЕТА СТАНДАРТОВ, МЕР
И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР
Москва — 1967

Методические указания разработаны Свердловским филиалом Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии им. Д. И. Менделеева; утверждены Ученым советом института.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ № 287

ПО ПОВЕРКЕ ПОВЕРОЧНЫХ И РАЗМЕТОЧНЫХ ПЛИТ

Методические указания устанавливают средства и методы проверки всех поверочных и разметочных плит, находящихся в применении, а также выпускаемых из производства и ремонта.

1. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО

1. Поверочные плиты предназначены для проверки плоскостности по методу «пятен на краску» и для использования в качестве вспомогательного приспособления при различных контрольных и цеховых работах.

Разметочные плиты используют для работы по разметке.

2. Размеры и классы точности плит, установленные ГОСТ 10905—64, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Размеры плит в мм	Классы точности
250×250 400×400 630×400	01; 0; 1 и 2
1000×630 1600×1000	01; 0; 1; 2 и 3
2500×1600	1; 2 и 3
4000×1600	2 и 3

3. Поверочные и разметочные плиты изготавливают с шаброванной и нешаброванной рабочей поверхностью.

II. ОПЕРАЦИИ, ПРОВОДИМЫЕ ПРИ ПОВЕРКЕ, И ПРИМЕНЯЕМЫЕ СРЕДСТВА

4. Операции, проводимые при поверке, и применяемые средства указаны в табл. 2.

Таблица 2

№ п/п	Наименование операций, проводимых при поверке	Средства поверки		Номера пунктов методических указаний	Виды поверки		
		Наименование	Технические характеристики		При выпуске из производства	После ремонта	Находящихся в эксплуатации
1	Проверка внешнего вида	Специальные средства проверки не требуются	—	6	+	+	+
2	Поверка шероховатости поверхностей	Образцы шероховатости поверхности	ГОСТ 2789—59	7	+	+	—
3	Поверка перпендикулярности боковых поверхностей рабочей	Угольник типа УЛП или УЛШ. Щуп 0,04 мм	Класс 1 ГОСТ 3749—65 Класс 1 ГОСТ 882—64	8	+	+	—
4	Поверка взаимной перпендикулярности боковых поверхностей рабочего угла	Угольник типа УЛП или УЛШ, Набор щупов	Класс 2 ГОСТ 3749—65 Класс 2 ГОСТ 882—64	9	+	—	—
5	Проверка качества шабровки	Поверочная плита или линейка	ГОСТ 10905—64	10	+	+	+
6	Проверка плоскостности	См. табл. 6	—	11	+	+	+

III. ПОВЕРКА

5. Поверку поверочных и разметочных плит проводят в помещении с температурой воздуха $20 \pm 4^\circ \text{C}$. Скорость изменения температуры во время поверки не должна превышать 1 град/ч. В помещении, где проводят поверку, плита должна находиться не менее 12 ч.

4

6. Проверка внешнего вида

а) Требования

На поверхности плит не должно быть трещин, раковин, посторонних включений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные качества плит или портящих их внешний вид. Необработанные поверхности плит должны быть очищены и окрашены.

Плиты должны быть размагничены. На боковой стороне каждой плиты должны быть нанесены:

- 1) товарный знак предприятия-поставщика;
- 2) порядковый заводской номер;
- 3) год выпуска или его обозначение;
- 4) класс точности;
- 5) метка на рабочем угле между боковыми поверхностями;
- 6) номер стандарта.

Маркировка должна быть ровной и четкой.

б) Метод поверки

Проверку проводят внешним осмотром.

7. Поверка шероховатости поверхностей

а) Требования

Шероховатость поверхностей плит должна соответствовать указанной в табл. 3.

Таблица 3

Размеры плит в мм	Классы чистоты по ГОСТ 2789—59, не грубее				
	нешаброванных рабочих поверхностей плит классов точности				боковых поверхностей
	01 и 0	1	2	3	
250×250 400×400 630×400	9	8	7	—	6
1000×630 1600×1000 2500×1600	8			7	5
4000×1600	—				

б) Метод поверки

Поверку проводят сравнением с образцами шероховатости поверхностей.

8. Поверка перпендикулярности боковых поверхностей к рабочей.

2*

5

а) Требования

Отклонения от перпендикулярности боковых поверхностей плит к рабочей поверхности не должны превышать 0,04 мм на длине боковой поверхности.

б) Метод проверки

Проверку проводят с помощью лекального угольника типа УЛП или УЛШ и щупа 0,04 мм. Угольник помещают широкой рабочей гранью внутреннего угла на рабочую поверхность плиты (рис. 1 а, б). Щуп 0,04 мм не должен входить в зазор между рабочим ребром угольника и боковой поверхностью плиты.

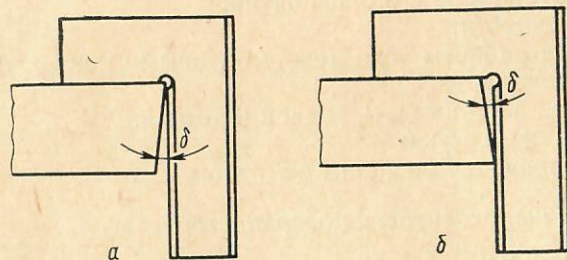


Рис. 1

9. Проверка взаимной перпендикулярности боковых поверхностей рабочего угла

а) Требования

Отклонения от взаимной перпендикулярности боковых поверхностей рабочего угла плиты не должны превышать величин, указанных в табл. 4.

Таблица 4

Размеры плит	Допускаемые отклонения от перпендикулярности боковых поверхностей на длине		
	100	300	500
250×250 400×400	0,10	—	—
630×400 1000×630	—	0,16	—
1600×1000 2500×1600	—	—	0,25
4000×1600	—	—	0,40

б) Метод проверки

Перпендикулярность боковых поверхностей проверяют у того угла плиты, на котором нанесена метка. Проверку проводят лекальным угольником, который прикладывают широкой рабочей гранью внутреннего угла к одной из боковых поверхностей проверяемого угла плиты. В зазор между другой боковой поверхностью и рабочим ребром угольника не должен входить щуп, величина которого равна допускаемому отклонению от перпендикулярности. Отклонение от перпендикулярности определяют на длине, указанной в табл. 4.

10. Проверка качества шабровки

а) Требования

Число пятен в квадрате со стороной 25 мм должно быть не менее 30 — для плит классов 01 и 0; 25 — для плит класса 1 и 20 — для плит класса 2.

Расположение пятен должно быть равномерным по всей рабочей поверхности. Разность в количестве пятен в любых двух квадратах со стороной 25 мм должна быть не более пяти.

б) Методы проверки

Качество шабровки проверяют сличением «на краску» с образцовой поверхностью.

В качестве образцовой поверхности следует использовать поверочную плиту размером не более 400×400 мм или поверочную линейку типа УТ или ШМ размером не более 1000 мм, класс точности которых выше класса точности проверяемой плиты. Плиты классов точности 01 и 0 допускается проверять по плитам того же класса.

Сличение с образцовой плитой или линейкой проводят следующим образом. Рабочую поверхность образцовой плиты (линейки) покрывают тонким слоем краски и помещают на рабочую поверхность проверяемой плиты. Образцовую плиту (линейку) перемещают по всей рабочей поверхности проверяемой плиты сначала в продольном, а затем, если поверхность не окрасилась полностью, в поперечном направлении. Считают количество окрашенных пятен в квадрате со стороной 25 мм не менее чем на пяти участках рабочей поверхности. Для подсчета количества пятен следует использовать рамку размером 25×25 мм, вырезанную из плотной бумаги, картона или другого материала.

11. Проверка плоскостности

а) Требования

Отклонения от плоскостности рабочих поверхностей плит не должны превышать величин, указанных в табл. 5.

Таблица 5

Размеры плит в мм	Допускаемые отклонения от плоскостности в мкм для плит классов				
	01	0	1	2	3
250×250 400×400	4	6	10	25	—
630×400 1000×630	6	10	16	40	— 60
1600×1000	10	16	25	60	100
2500×1600	—	—	—	—	—
4000×1600	—	—	—	100	160

б) Методы поверки
Рекомендуемые методы и средства поверки плоскостности приведены в табл. 6.

Таблица 6

Размеры плит в мм	Класс точности	Метод поверки	Средства поверки	
			Наименование	Технические характеристики
250×250 400×400 630×400 1000×630 1600×1000	01	Поверка оптической линейкой	Оптическая линейка	Цена деления 0,001 мм
250×250 400×400 630×400 1000×630 1600×1000	0	Поверка автоколлиматором	Автоколлиматор	Цена деления 1 сек
2500×1600	1	Поверка уровнем	Уровень	Цена деления 0,02 мм на 1 м ГОСТ 9392—60
250×250 400×400 630×400 1000×630 1600×1000 2500×1600	1	Сличение с образцовой линейкой при помощи индикатора	Поверочная линейка Индикатор Приспособления	Тип ШП или ШД, класс 1 ГОСТ 8026—64. Цена деления 0,001 мм ГОСТ 9696—61 Приложение 2

Продолжение

Размеры плит в мм	Класс точности	Метод поверки	Средства поверки	
			Наименование	Технические характеристики
250×250 400×400 630×400 1000×630 1600×1000 2500×1600 4000×1600	2	Сличение с образцовой линейкой: а) при помощи индикатора; б) при помощи концевых мер	Поверочная линейка Индикатор Приспособления Концевые меры	Тип ШП или ШД, класс 1 ГОСТ 8026—64 Цена деления 0,002 мм ГОСТ 9696—61 Приложение 2 Класс 2 ГОСТ 9038—59
1000×630 1600×1000 2500×1600 4000×1600	3		Поверочная линейка Индикатор Приспособления Концевые меры	Тип ШД, класс 2 ГОСТ 8026—64 Цена деления 0,01 мм ГОСТ 9696—61 Приложение 2 Класс 2 ГОСТ 9038—59
2500×1600 4000×1600		Поверка гидростатическим уровнем	Гидростатический уровень	Цена деления 0,01 мм

Примечания:

1. В случае отсутствия оптической линейки плиты размерами 250×250 и 400×400 мм классов 01; 0 и 1 с шаброванными поверхностями разрешается поверять «на краску» методом трех или сличением с образцовой поверхностью. Нешаброванные плиты этих размеров и классов разрешается поверять декальной линейкой на просвет.

2. С разрешения Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР допускается применять методы и средства поверки, не предусмотренные настоящими методическими указаниями при условии обеспечения ими необходимой точности измерений.

Методы поверки, рекомендованные в табл. 6, фактически дают возможность определить отклонения от прямолинейности в отдельных сечениях рабочей поверхности плиты, которые не характеризуют еще отклонение от плоскостности.

За отклонение от плоскостности принимают расстояние от наиболее удаленной точки поверхности до прилегающей плоскости. Так как положение прилегающей плоскости нельзя определить, не зная рельефа поверяемой поверхности, необходимо провести соот-

ветствующую математическую обработку результатов измерений, которая дает возможность определить рельеф плиты по отклонениям от прямолинейности в отдельных сечениях.

При обработке результатов измерений используют вспомогательную плоскость.

Если поверку проводили при помощи оптической линейки, автоколлиматора или сличением с образцовой линейкой при помощи индикатора, в качестве вспомогательной следует брать плоскость, проходящую через точку, расположенную в центре поверхности, параллельно прямым, соединяющим точки, расположенные на противоположных концах диагональных сечений.

Если поверку проводили при помощи уровня на опорах, в качестве вспомогательной следует брать горизонтальную плоскость, проходящую через первую точку, от которой начинают измерения.

При поверке гидростатическим уровнем за вспомогательную принимают плоскость горизонта, проходящую через точку, на которой установлена неподвижная измерительная головка.

Вспомогательная плоскость, рекомендуемая для обработки результатов, полученных при измерении оптической линейкой, автоколлиматором или сличением с поверочной линейкой при помощи индикатора, в большинстве случаев параллельна прилегающей плоскости. Поэтому за величину отклонения от плоскостности можно принять наибольшее положительное или отрицательное отклонение от вспомогательной плоскости, если все точки поверхности расположены по одну сторону от вспомогательной плоскости, или сумму абсолютных значений наибольшего положительного и отрицательного отклонений, есливеряемые точки поверхности расположены по обе стороны от вспомогательной плоскости.

Величина полученного таким способом отклонения от вспомогательной плоскости всегда больше отклонения от прилегающей плоскости или равна ему. Поэтому, если она не превышает величины отклонения от плоскостности, допускаемого ГОСТ 10905—64, плиту можно отнести к соответствующему классу точности без построения прилегающей плоскости. В противном случае следует определить отклонение от прилегающей плоскости (см. приложение 1).

Таблица 7

Размеры плит в мм	Наименьшее количество точек
250×250	3
400×400	5
630×400	5
1000×630	6
1600×1000	7
2500×1600	9
4000×1600	9

Если хотя бы в одном из сечений отклонение от прямолинейности превышает величину допускаемого отклонения от плоскостности для плит данного класса точности, а характер рельефа рабочей поверхности не интересует поверителей, то плиту можно забраковать, не определяя отклонения от плоскостности.

Количествоверяемых точек выбирают в зависимости от размеров плиты. Наименьшее количествоверяемых точек в продольных сечениях приведено в табл. 7.

Поверка при помощи оптической линейки

При поверке плоскостности плит оптической линейкой проводят измерения в отдельных сечениях, указанных на рис. 2, а затем соответствующей обработкой результатов измерений определяют рельеф поверхности плиты.

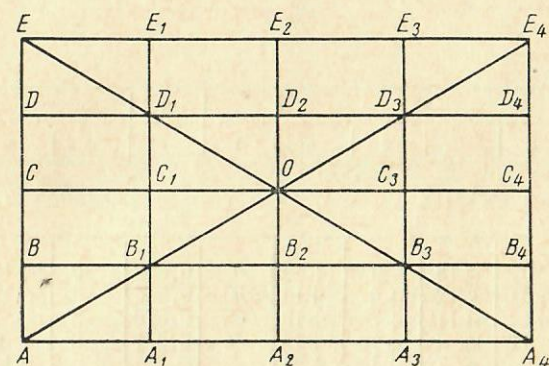


Рис. 2

Методику измерений и обработку результатов рассмотрим на примере поверки плиты размером 630×400 мм класса 01. Измерения проводят в следующем порядке.

Прежде всеговеряют диагональные сечения AE_4 и A_4E . Устанавливают оптическую линейку вдоль одной из диагоналей, например, AE_4 . Регулировкой высоты опор линейки добиваются одинаковых отсчетов в крайних точках A и E_4 и производят отсчет в точке O . Затем, располагая оптическую линейку по диагонали A_4E , таким же образом проводят измерения в точках A_4 , E и O . Результаты измерений записывают в протокол проверки (табл. 8).

После этого последовательноверяют продольные сечения AA_4 , BB_4 , CC_4 , DD_4 и EE_4 и поперечные сечения AE , A_1E_1 , A_2E_2 , A_3E_3 и A_4E_4 . При измерении продольных и поперечных сечений устанавливать одинаковые отсчеты в крайних точках не обязательно.

Таблица 8

Сечение AE_4			Сечение A_4E		
Поверяемые точки	Отсчеты в мм	Отклонения от вспомогательной плоскости в мкм	Поверяемые точки	Отсчеты в мм	Отклонения от вспомогательной плоскости в мкм
1	2	3	4	5	6
A	0,361	+15	A_4	0,359	+21
O	0,346	0	O	0,338	0
E_4	0,361	+15	E	0,359	+21

Результаты поверки продольных и поперечных сечений записывают в протокол поверки (табл. 9).

Таблица 9

Сечение AA_4						Сечение AE					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
A	0,362	0	+15	0	+15	A	0,362	0	+15	+0	+15
A_1	0,365	-3	+12	+4	+16	B	0,366	-4	+11	+2	+13
A_2	0,366	-4	+11	+7	+18	C	0,370	-8	+7	+5	+12
A_3	0,373	-11	+4	+10	+14	D	0,371	-9	+6	+8	+14
A_4	0,370	-8	+7	+14	+21	E	0,366	-4	+11	+10	+21

Сечение EE_4						Сечение A_4E_4					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
E	0,362	0	+21	0	+21	A_4	0,360	0	+21	0	+21
E_1	0,375	-13	+8	0	+8	B_4	0,363	-3	+18	+1	+19
E_2	0,380	-18	+3	0	+3	C_4	0,366	-6	+15	+2	+17
E_3	0,374	-12	+9	-1	+8	D_4	0,367	-7	+14	+3	+17
E_4	0,367	-5	+16	-1	+15	E_4	0,370	-10	+11	+4	+15

Сечение BB_4						Сечение CC_4					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
B	0,363	0	+13	0	+13	C	0,363	0	+12	0	+12
B_1	0,371	-8	+5	+2	+7	C_1	0,375	-12	0	+2	+2
B_2	0,374	-11	+2	+5	+7	C_2	0,379	-16	4	+4	0
B_3	0,378	-15	-2	+8	+6	C_3	0,380	-17	-5	+7	+2
B_4	0,367	-4	+9	+10	+19	C_4	0,367	-4	+8	+9	+17

Продолжение

Сечение DD_4						Сечение A_1E_1					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
D	0,364	0	14	0	+14	A_1	0,360	0	+16	0	+16
D_1	0,380	-16	-2	+2	0	B_1	0,367	-7	+9	-1	+8
D_2	0,382	-18	-4	+4	0	C_1	0,370	-10	+6	-2	+4
D_3	0,382	-18	-4	+7	+3	D_1	0,372	-12	+4	-3	+1
D_4	0,370	-6	+8	+9	17	E_1	0,364	-4	+12	-4	+8

Сечение A_2E_2						Сечение A_3E_3					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
A	0,363	0	+18	0	+18	A_3	0,362	0	+14	0	+14
B_2	0,371	-8	+10	-2	+8	B_3	0,370	-8	+6	0	+6
C_2	0,377	-14	+4	-3	+1	C_3	0,373	-11	+3	+1	+4
D_2	0,377	-14	+4	-4	0	D_3	0,374	-12	+2	+1	+3
E_2	0,372	-9	+9	-6	+3	E_3	0,370	-8	+6	+2	+8

Примечание. По измерительным барабанам оптической линейки отсчеты производят с точностью до десятых долей микрометра. В табл. 8 и 9 для упрощения вычислений все отсчеты округлены с точностью до 1 мкм.

Обработку результатов измерений начинают с определения отклонений точек A, E_4, A_4, E от вспомогательной плоскости. Для этого вычитают отсчеты в точке O соответственно из отсчетов в крайних точках каждой диагонали (графы 3 и 6, табл. 8).

Определив отклонения от вспомогательной плоскости точек A, A_4, E и E_4 , переходят к определению отклонений проверяемых точек, расположенных в крайних сечениях AA_4, EE_4, AE и A_4E_4 . Последовательность обработки результатов измерения рассмотрим на примере сечения AA_4 .

При поверке сечения AA_4 в точках A, A_1, A_2, A_3, A_4 (графа 1 табл. 9) получены соответственно следующие отсчеты: 0,362; 0,365; 0,366; 0,373; 0,370 мм (графа 2). Из отсчета в точке A вычитают последовательно все отсчеты и получают следующие величины: 0; -3; -4; -11; -8 мкм (графа 3). Известно, что отклонения точек A и A_4 от вспомогательной плоскости равны соответственно +15 и +21 мкм. Ко всем полученным выше значениям прибавляют величину отклонения точки A от вспомогательной плоскости (+15 мкм) и получают соответственно +15; +12; +11; +4; +7 мкм (графа 4). Теперь точке A_4 соответствует значение +7 мкм.

Для того чтобы оно стало равно величине отклонения точки A_4 от вспомогательной плоскости (+21 мкм), его нужно изменить на (+21) - (+7) = +14 мкм. При этом отклонение в точке A должно

остаться неизменным. Это равносильно повороту кривой AA_4 (рис. 3), построенной по значениям графы 4, вокруг точки A , при котором ордината точки A_4 примет значение, равное $+21$ мкм. Кривая AA_4 после поворота займет положение AA'_4 . Координаты точек A_1, A_2, A_3 изменятся соответственно на величину отрезков $A_1A'_1, A_2A'_2, A_3A'_3$. Величины этих отрезков прямо пропорциональны

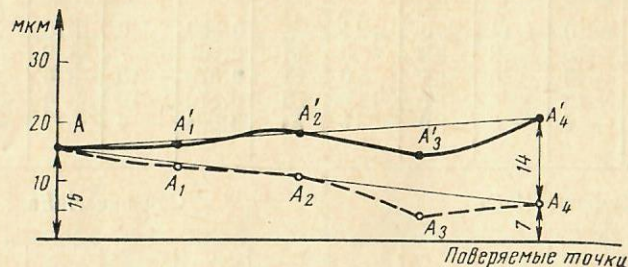


Рис. 3

величине изменения координаты точки A_4 , т. е. величине отрезка $A_4A'_4$, а также расстоянию соответствующих точек от точки A . Так как в данном случае сечение AA_4 разбито на четыре участка, расстояния точек A_1, A_2 и A_3 от точки A относятся как $1/4 : 2/4 : 3/4$, следовательно, высоты точек изменятся: A_1 на $1/4 A_4A'_4$, A_2 на $2/4 A_4A'_4$, A_3 на $3/4 A_4A'_4$. Так как $A_4A'_4 = 21 - 7 = +14$ мкм, эти величины будут

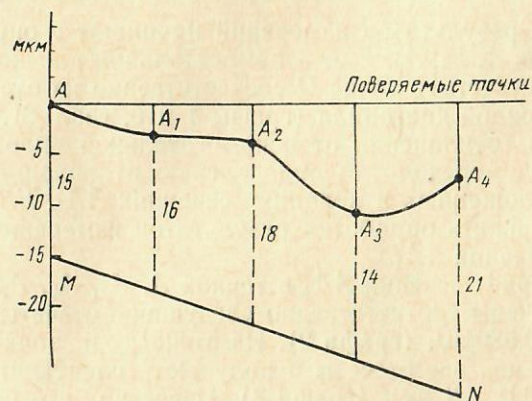


Рис. 4

равны соответственно $14/4 \approx +4$ мкм, $28/4 = +7$ мкм, $42/4 \approx +10$ мкм (графа 5). Прибавляя эти величины к значениям графы 4, получают отклонения точек A_1, A_2 и A_3 от вспомогательной плоскости. Они равны соответственно $+16; +18; +14$ мкм (графа 6).

Результаты измерений можно обрабатывать графически. Строят кривую профиля сечения AA_4 (рис. 4). Для этого на миллиметро-

вой бумаге по оси абсцисс в произвольном масштабе откладывают величину поверяемых интервалов, а по оси ординат — значения графы 3 табл. 9. Отклонение точки A от вспомогательной плоскости равно $+15$ мкм, а отклонение точки A_4 равно $+21$ мкм. Эти значения откладывают по оси ординат вниз (так как они имеют знак «плюс») от соответствующих точек и проводят прямую MN . Эта прямая представляет собой проекцию данного сечения на вспомогательную плоскость. Отсчитывая по оси ординат расстояния точек A_1, A_2 и A_3 до прямой MN , получают их отклонения от вспомогательной плоскости. Если точка расположена выше прямой MN , отклонение записывают со знаком «плюс», если ниже — со знаком «минус».

Примечание. Графический метод обработки результатов измерений более подробно описан в разделе «Проверка плоскостности плит при помощи образцовой линейки и индикатора».

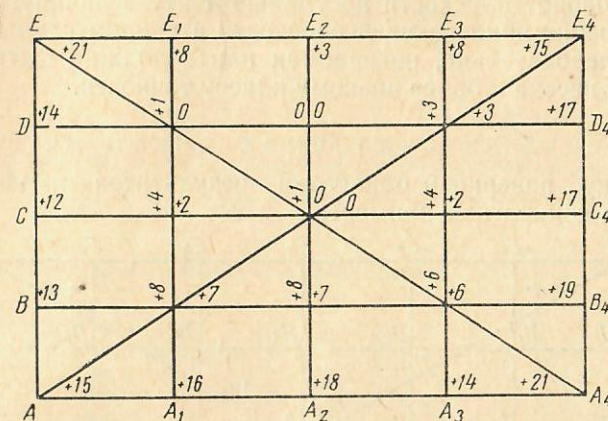


Рис. 5

Определив положение всех поверяемых точек в крайних сечениях относительно вспомогательной плоскости, находят таким же образом отклонения точек, лежащих в промежуточных продольных сечениях BB_4, CC_4, DD_4 и поперечных сечениях A_1E_1, A_2E_2, A_3E_3 (табл. 9).

Для того чтобы лучше был виден характер рельефа рабочей поверхности плиты, отклонения от вспомогательной плоскости записывают на план (рис. 5).

Всем точкам, кроме точек, расположенных в крайних сечениях, соответствуют два значения. Одно получено при проверке продольных, а другое — поперечных сечений. Если расхождение этих значений для данной точки не превышает $1/5$ допускаемого отклонения от плоскостности по ГОСТ 10905—64, то вычисляют из них среднее

арифметическое, которое и принимают за отклонение от вспомогательной плоскости в данной точке.

Если расхождение двух значений в какой-либо точке более указанного выше, то сечения, пересекающиеся в этой точке, следует проверить еще раз.

Как видно из плана, самой низкой точкой поверхности является точка O , отклонение которой от вспомогательной плоскости равно нулю.

Все остальные поверяемые точки расположены выше вспомогательной плоскости. Самые высокие точки находятся на концах диагонали A_4E . Отклонение их от вспомогательной плоскости равно $+21$ мкм, что превышает величину отклонения от плоскостности, допускаемого по ГОСТ 10905—64 для класса 01. Следовательно, нужно определить отклонение по отношению к прилегающей плоскости.

Прилегающая плоскость ляжет на самые высокие точки E и A_4 , поэтому в точке O отклонение от нее будет равно также $+21$ мкм. Никакой поворот плоскости не уменьшит эту величину. Графическое построение прилегающей плоскости в данном случае не имеет смысла. Следовательно, поверяемая плита должна быть забракована или отнесена к более низкому классу точности.

Поверка автоколлимационным методом

Методику поверки и обработки результатов измерений рассмотрим на конкретном примере.

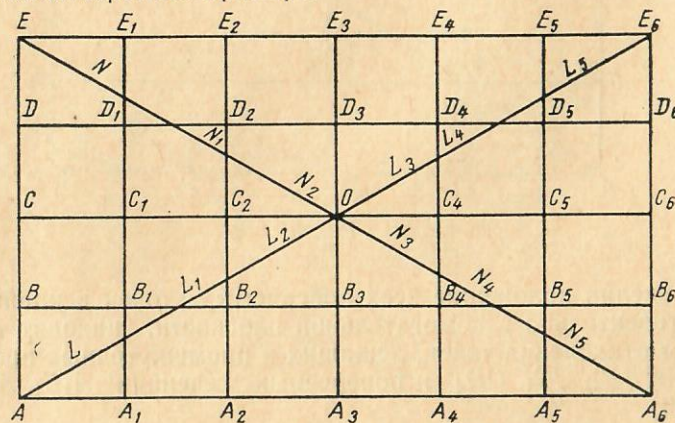


Рис. 6

Пусть требуется поверить плоскостность плиты размером 1600×1000 мм класса 1. Согласно табл. 7, у плиты такого размера количество поверяемых точек в продольных сечениях должно быть не менее семи, следовательно, шаг измерения можно взять равным 250 мм. В этом случае поверку проводят в сечениях, указанных на рис. 6.

Измерения проводят при помощи автоколлиматора и двух зеркал. Одно из них укреплено на специальной подставке, расстояние между опорами которой равно выбранному шагу измерения. Второе зеркало вспомогательное и служит для изменения хода лучей.

Примечание. Поверку можно проводить без вспомогательного зеркала. Однако это неудобно, так как при поверке каждого сечения нужно изменять положение автоколлиматора и заново его устанавливать. Время поверки значительно увеличивается.

Сначала автоколлиматор устанавливают против точки A_6 таким образом, что его ось визирования перпендикулярна продольным сечениям. Зеркало, укрепленное на подставке, помещают на участок AL диагонального сечения AE_6 . Вспомогательное зеркало устанавливают в точке E_6 под таким углом к оси визирования автоколлиматора, чтобы в поле его зрения было видно изображение светящейся марки.

Зеркало, укрепленное на подставке, перемещают вдоль поверяемой диагонали на участки, равные шагу измерения, и при каждой установке производят отсчеты по шкале автоколлиматора, которые записывают в протокол поверки (табл. 10). Затем зеркало на под-

Таблица 10

Диагональное сечение AE_6								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	A	—	—	—	—	0	0	—12
1	L	3'07",0	0	0	0	—4,9	+5	—7
2	L ₁	3'06",5	—0",5	—0,6	—0,6	—9,8	+9	—3
3	L ₂	3'04",8	—2",2	—2,6	—3,2	—14,7	+12	0
4	L ₃	3'04",1	—2",9	—3,5	—6,7	—19,6	+13	+1
5	L ₄	3'02",2	—4",8	—5,8	—12,5	—24,6	+12	0
6	L ₅	2'59",2	—7",8	—9,4	—21,9	—29,4	+8	—4
7	E ₆	2'56",5	—10",5	—12,6	—34,5	—34,5	0	—12
Диагональное сечение A_6E								
1	2	3	4	5	6*	7	8	9
—	A ₆	—	—	—	0	0	0	+17
1	N ₅	3'00",0	0",0	0,0	0,0	+8,8	—9	+8
2	N ₄	3'02",3	+2",3	+2,8	+2,8	+17,6	—15	+2
3	N ₃	3'05",5	+5",5	+6,6	+9,4	+26,4	—17	0
4	N ₂	3'07",0	+7",0	+8,4	+17,8	+35,2	—17	0
5	N ₁	3'10",3	+10",3	+12,4	+30,2	+44,0	—14	+3
6	N	3'12",5	+12",5	+15,0	+45,2	+52,6	—7	+10
7	E	3'13",5	+13",5	+16,2	+61,4	+61,4	0	+17

Примечание. Размеры, указанные в графах 5—9, выражены в микрометрах.

ставке устанавливают на участок EE_1 так, чтобы его плоскость была параллельна оси визирования автоколлиматора. Вспомогательное зеркало, помещенное в точку E_6 , располагают под углом 45° к оси визирования. Перемещая зеркало на подставке вдоль сечения EE_6 , устанавливают его последовательно на все поверяемые участки и производят отсчеты по шкале автоколлиматора. Затем вспомогательное зеркало устанавливают в точку D_6 , а зеркало на подставке перемещают вдоль сечения DD_6 . Таким же образом поверяют остальные продольные сечения. После этого автоколлиматор устанавливают против точки E_6 перпендикулярно поперечным сечениям. Вспомогательное зеркало помещают в точку E , поверяют сначала диагональное сечение A_6E , а затем поперечное сечение AE . Остальные поперечные сечения поверяют, устанавливая вспомогательное зеркало в точки E_1, E_2, \dots, E_6 . Поверку каждого сечения следует начинать с участка, наиболее удаленного от вспомогательного зеркала.

Результаты измерений записывают в протокол поверки (табл. 10 и 11).

Таблица 11

Сечение AA_6										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—	A	—	—	—	—	—	0	-12	0	-12
1	A ₁	3'10",7	+0",7	+0,8	+0,8	+4,8	-4	-16	+5	-11
2	A ₂	3'11",2	+1",2	+1,4	+2,2	+9,7	-8	-20	+10	-10
3	A ₃	3'14",5	+4",5	+5,4	+7,6	+14,5	-7	-19	+14	-5
4	A ₄	3'15",7	+5",7	+6,8	+14,4	+19,4	-5	-17	+19	+2
5	A ₅	3'16",0	+6",0	+7,2	+21,6	+24,2	-3	-15	+24	+9
6	A ₆	3'16",2	+6",2	+7,4	+29,0	+29,0	0	-12	+29	+17

Сечение EE_6										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—	E	—	—	—	—	—	0	+17	0	+17
1	E ₁	3'08",7	+0",7	+0,8	+0,8	+2,2	-1	+16	-5	+11
2	E ₂	3'09",2	+1",2	+1,4	+2,2	+4,5	-2	+15	-10	+5
3	E ₃	3'09",8	+1",8	+2,2	+4,4	+6,8	-2	+15	-14	+1
4	E ₄	3'10",1	+2",1	+2,5	+6,9	+9,0	-2	+15	-19	-4
5	E ₅	3'10",5	+2",5	+3,0	+9,9	+11,2	-1	+16	-24	-8
6	E ₆	3'11",0	+3",0	+3,6	+13,5	+13,5	0	+17	-29	-12

Сечение AE										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—	A	—	—	—	—	—	0	-12	0	-12
1	B	3'07",3	+0",3	+0,4	+0,4	-0,1	0	-12	+7	-5
2	C	3'06",6	-0",4	-0,5	-0,1	-0,2	0	-12	+14	+2
3	D	3'06",7	-0",3	-0,4	-0,5	-0,2	0	-12	+22	+10
4	E	3'07",2	+0",2	-0,3	-0,3	-0,3	0	-12	+29	+17

Сечение $A_6 E_6$										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—	A ₆	—	—	—	—	—	0	+17	0	+17
1	B ₆	3'14",0	0	0	0	-3,6	+4	+21	-7	+14
2	C ₆	3'11",5	-2",5	-3,0	-3,0	-7,1	+4	+21	-14	+7
3	D ₆	3'10",0	-4",0	-5,0	-8,0	-10,6	+3	+20	-22	-2
4	E ₆	3'08",8	-5",2	-6,2	-14,2	-14,2	0	+17	-29	-12

Сечение BB_6										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—	B	—	—	—	—	—	0	-5	0	-5
1	B ₁	3'10",6	+0",6	+0,7	+0,7	+3,9	-3	-8	+3	-5
2	B ₂	3'12",0	+2",0	+2,4	+3,1	+7,8	-5	-10	+6	-4
3	B ₃	3'13",5	+3",5	+4,2	+7,3	+11,6	-4	-9	+9	0
4	B ₄	3'14",7	+4",7	+5,6	+12,9	+15,5	-3	-8	+13	+5
5	B ₅	3'14",3	+4",3	+5,2	+18,1	+19,4	-1	-6	+16	+10
6	B ₆	3'14",3	+4",3	+5,2	+23,3	+23,3	0	-5	+19	+14

Сечение CC_6										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—	C	—	—	—	—	—	0	+2	0	+2
1	C ₁	3'09",0	0	0	0	+3,1	-3	-1	+1	0
2	C ₂	3'10",0	+1",0	+1,2	+1,2	+6,1	-5	-3	+1	+4
3	C ₃	3'11",2	+2",2	+2,6	+3,8	+9,2	-5	-3	+2	-1
4	C ₄	3'12",8	+3",8	+4,6	+8,4	+12,3	-4	-2	+3	+1
5	C ₅	3'13",2	+4",2	+5,0	+13,4	+15,4	-2	0	+4	+4
6	C ₆	3'13",2	+4",2	+5,0	+18,4	+18,4	0	+2	+5	+7

Сечение DD_6										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—	D	—	—	—	—	—	0	+10	0	+10
1	D ₁	3'09",8	+0",8	+1,0	+1,0	+2,3	-1	+9	-2	+7
2	D ₂	3'10",3	+1",3	+1,6	+2,6	+4,5	-2	+8	-4	+4
3	D ₃	3'10",8	+1",8	+2,2	+4,8	+6,8	-2	+8	-6	+2
4	D ₄	3'11",3	+2",3	+2,8	+7,6	+9,1	-2	+8	-8	0
5	D ₅	3'11",5	+2",5	+3,0	+10,6	+11,4	-1	+9	-10	-1
6	D ₆	3'11",5	+2",5	+3,0	+13,6	+13,6	0	+10	-12	-2

Сечение $A_1 E_1$										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—	A_1	—	—	—	—	—	0	—11	0	—11
1	B_1	$3'10'',3$	$+0'',3$	$+0,4$	$+0,4$	$-1,4$	$+2$	-9	$+6$	-3
2	C_1	$3'09'',1$	$-0'',9$	$-1,1$	$-0,7$	$-2,8$	$+2$	-9	$+11$	$+2$
3	D_1	$3'08'',1$	$-1'',9$	$-2,3$	$-3,0$	$-4,2$	$+1$	-10	$+16$	$+6$
4	E_1	$3'07'',8$	$-2'',2$	$-2,6$	$-5,6$	$-5,6$	0	-11	$+22$	$+11$

Сечение $A_2 E_2$										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—	A_2	—	—	—	—	—	0	—10	0	—10
1	B_2	$3'12'',0$	0	0	0	$-1,8$	$+2$	-8	$+4$	-4
2	C_2	$3'11'',2$	$-0'',8$	$-1,0$	$-1,0$	$-3,6$	$+3$	-7	$+8$	$+1$
3	D_2	$3'09'',5$	$-2'',5$	$-3,0$	$-4,0$	$-5,6$	$+2$	-8	$+11$	$+3$
4	E_2	$3'09'',2$	$-2'',8$	$-3,4$	$-7,4$	$-7,4$	0	-10	$+15$	$+5$

Сечение $A_3 E_3$										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—	A_3	—	—	—	—	—	0	—5	0	—5
1	B_3	$3'11'',6$	$+0'',6$	$+0,7$	$+0,7$	$-2,0$	$+3$	-2	$+2$	0
2	C_3	$3'10'',0$	$-1'',0$	$-1,2$	$-0,5$	$-4,0$	$+3$	-2	$+3$	$+1$
3	D_3	$3'08'',8$	$-2'',8$	$-3,4$	$-3,9$	$-6,0$	$+2$	-3	$+4$	$+1$
4	E_4	$3'08'',2$	$-3'',4$	$-4,1$	$-8,0$	$-8,0$	0	-5	$+6$	$+1$

Сечение $A_4 E_4$										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—	A_4	—	—	—	—	—	0	$+2$	0	$+2$
1	B_4	$3'13'',8$	$+0'',8$	$+1,0$	$+1,0$	$-1,8$	$+3$	$+5$	-2	$+3$
2	C_4	$3'11'',5$	$-1'',5$	$-1,8$	$-0,8$	$-3,5$	$+3$	$+5$	-3	$+2$
3	D_4	$3'10'',7$	$-2'',3$	$-2,8$	$-3,6$	$-5,2$	$+2$	$+4$	-4	0
4	E_4	$3'10'',2$	$-2'',8$	$-3,4$	$-7,0$	$-7,0$	0	$+2$	-6	-4

Сечение $A_5 E_5$										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
—	A_5	—	—	—	—	—	0	$+9$	0	$+9$
1	B_5	$3'14'',6$	$+0'',6$	$+0,7$	$+0,7$	$-2,6$	$+3$	$+12$	-4	$+8$
2	C_5	$3'12'',4$	$-1'',6$	$-2,0$	$-1,3$	$-5,3$	$+4$	$+13$	-8	$+5$
3	D_5	$3'10'',3$	$-3'',7$	$-4,4$	$-5,7$	$-7,9$	$+2$	$+11$	-12	-1
4	E_5	$3'10'',1$	$-4'',0$	$-4,8$	$-10,5$	$-10,5$	0	$+9$	-17	-8

Примечание. Размеры, указанные в графах 5—11, выражены в микрометрах.

Как и при обработке результатов измерений, полученных при проверке оптической линейкой, в качестве вспомогательной выбирают плоскость, проходящую через центральную точку поверхности O параллельно прямым AE_6 и A_6E .

Прежде всего определяют отклонения от вспомогательной плоскости точек, расположенных в диагональных сечениях. Последовательность операций при вычислении приведена в табл. 10.

В качестве примера рассмотрим вычисление отклонений от вспомогательной плоскости поверяемых точек для диагонального сечения AE_6 . При измерении по шкале автоколлиматора были получены отсчеты, приведенные в графе 3 табл. 10. Из каждого отсчета вычитают целое число минут и секунд отсчета, полученного на первом участке (графа 4). Эти величины нужно перевести из угловых в линейные. Для этого их умножают на величину $a = \frac{4,8 l}{1000}$ — мкм, где l — расстояние в миллиметрах между опорами подставки, на которой установлено зеркало. В данном случае $l = 250$ мм, следовательно, $a = \frac{4,8 \cdot 250}{1000} = 1,2$ мкм. Умножая значения графы 4 на эту величину, получают значения, указанные в графе 5. Их построчно суммируют (графа 6). Число, полученное для точки E_6 , делят на количество участков (в данном случае их семь) и умножают после-

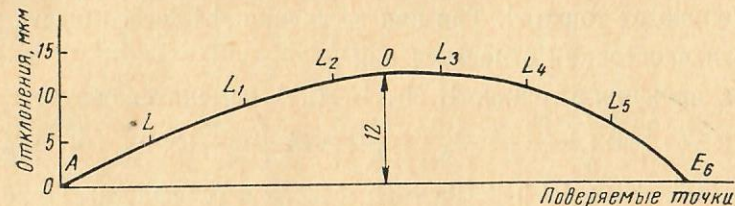


Рис. 7

довательно на номера соответствующих участков (графа 1). Результаты записывают в графу 7. Разность значений, указанных в графах 6 и 7, дает величину отклонения от прямой линии, соединяющей точки A и E_6 (графа 8). Затем переходят к определению отклонений от вспомогательной плоскости, которая проходит через центральную точку O параллельно прямой AE_6 . Следовательно, для определения отклонений поверяемых точек от вспомогательной плоскости нужно из значений графы 8 вычесть отклонение точки O от линии AE_6 . Так как при данном шаге измерения центральная точка не поверяется, отклонение в этой точке определяют по графику (рис. 7).

Для построения графика по оси абсцисс откладывают в произвольном масштабе величины поверяемых интервалов, а по оси ординат — соответствующие им отклонения от линии AE_6 (графа 8). Полученные точки соединяют плавной линией. Отсчитывая

по оси ординат расстояние от точки O до оси абсцисс, получают ее отклонение от линии AE_6 . В данном случае отклонение равно $+12$ мкм. Вычитая эту величину из значений графы 8, получают отклонения от вспомогательной плоскости поверяемых точек диагонального сечения AE_6 (графа 9). В такой же последовательности определяют отклонения от вспомогательной плоскости поверяемых точек, расположенных в сечении EA_6 .

Далее переходят к определению отклонений от вспомогательной плоскости всех поверяемых точек, расположенных в крайних сечениях AA_6 , AE , EE_6 и A_6E_6 .

В качестве примера рассмотрим сечение AA_6 . Таким же образом, как было описано для диагонального сечения AE_6 , вычисляют отклонения от линии AA_6 (графа 8, табл. 11). Отклонение точки A от вспомогательной плоскости равно -12 мкм (графа 9, табл. 10). Эту величину прибавляют к значениям графы 8 табл. 11 и полученные значения записывают в графу 9. В точке A_6 отклонение от вспомогательной плоскости должно быть равно $+17$ мкм, а получили -12 мкм. Следовательно, значение, полученное для точки A_6 в графе 9, нужно изменить на $(+17) - (-12) = +29$ мкм. В точке A остается то же самое значение, т. е. -12 мкм (см. аналогичный пример при обработке результатов измерения оптической линейкой, рис. 3). Значения в остальных точках изменятся пропорционально величине, на которую изменилось значение в точке A_6 , и их расстоянию от точки A . Так как в сечении AA_6 всего шесть участков, эти расстояния относятся как $\frac{1}{6} : \frac{2}{6} : \frac{3}{6} : \frac{4}{6} : \frac{5}{6}$, следовательно, значения в точках A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 изменятся соответственно на $(+\frac{29}{6}) \times 1; (+\frac{29}{6}) \times 2; (+\frac{29}{6}) \times 3; (+\frac{29}{6}) \times 4; (+\frac{29}{6}) \times 5$ мкм,

т. е. на $+5; +10; +14; +19; +24; +29$ мкм (графа 10). Прибавляя эти величины к значениям графы 9, получают отклонения от вспомогательной плоскости (графа 11). Аналогично вычисляют отклонения всех поверяемых точек, расположенных в крайних сечениях AE , EE_6 и A_6E_6 , после чего переходят к определению отклонения точек, расположенных в промежуточных сечениях.

В качестве примера рассмотрим вычисление отклонений от вспомогательной плоскости для точек сечения A_1E_1 . Прежде всего вычисляют отклонения от линии A_1E_1 (графа 8). Из графы 11 для сечения AA_6 видно, что в точке A_1 отклонение от вспомогательной плоскости равно -11 мкм. Эту величину прибавляют ко всем значениям графы 8 и результаты записывают в графу 9. Теперь точке E соответствует значение -11 мкм, а из графы 11 для сечения EE_6 видно, что отклонение точки E_1 от вспомогательной плоскости равно $+11$ мкм. Для того чтобы получить отклонения от вспомогательной плоскости поверяемых точек в сечении A_1E_1 нужно, оставляя неизменным значение в точке A_1 , изменить значение в точке E_1 на $(+11) - (-11) = +22$ мкм. Значения в точках B_1, C_1 и D_1 изменяются пропорционально их расстоянию от точки A_1 и величине изме-

нения значения в точке E_1 . Так как сечение A_1E_1 разбито на четыре участка, эти изменения составят соответственно $(+\frac{22}{4}) \times 1, (+\frac{22}{4}) \times 2$ и $(+\frac{22}{4}) \times 3$, т. е. $+6; +11$ и $+16$ мкм (графа 10). Прибавляя эти величины к значениям графы 9 соответственно для точек B_1, C_1 и D_1 , получают отклонения этих точек от вспомогательной плоскости (графа 11).

Таким же образом обрабатывают результаты измерений для всех промежуточных сечений.

Вычисленные для всех поверяемых точек отклонения от вспомогательной плоскости записывают на план (рис. 8).

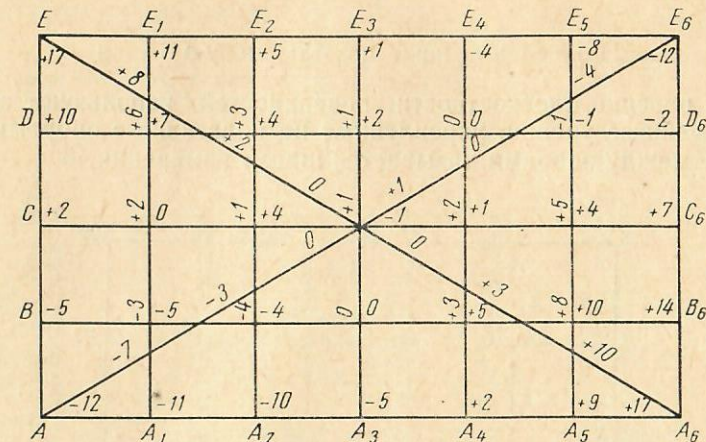


Рис. 8

Всем точкам, кроме расположенных в крайних сечениях, соответствуют два значения отклонения от вспомогательной плоскости. Одно получено при измерении в продольном, а другое — в поперечном направлениях. Если их разность не превышает $\frac{1}{5}$ величины допуска на отклонение от плоскостности, вычисляют средние арифметические значения отклонений от вспомогательной плоскости и по ним определяют отклонение от плоскостности. В противном случае повторяют проверку соответствующих сечений для уточнения значений отклонений от вспомогательной плоскости точек, в которых расхождение превышает допустимое.

Как видно из плана, наибольшее положительное отклонение от вспомогательной плоскости имеют точки E и A_6 ($+17$ мкм), наибольшее отрицательное — точки A и E_6 (-12 мкм).

Сумма абсолютных значений наибольшего положительного и наибольшего отрицательного отклонений от вспомогательной плоскости равна $|+17| + |-12| = 29$ мкм. Эта величина превышает

допускаемое отклонение от плоскостности для плит класса 1 размером 1000×630 мм, следовательно, необходимо определить отклонение от прилегающей плоскости. Прилегающая плоскость проходит через наиболее высокие точки поверхности таким образом, что расстояние до наиболее удаленных точек является наименьшим. Как видно на плане, самые высокие точки E и A_6 , а самые низкие точки A и E_6 . Прилегающая плоскость пройдет через точки A_6 и E таким образом, что расстояния точек A и E_6 от нее будут одинаковыми, т. е. она будет параллельна вспомогательной плоскости. Отклонение от плоскостности равно расстоянию наиболее удаленных точек A и E_6 от прилегающей плоскости, т. е. $+29$ мкм. Следовательно, плита должна быть забракована или отнесена к классу 2.

Проверка при помощи уровня

Для проверки плоскостности поверхностей используют ампулы или брусковые уровни, укрепленные на подставке с опорами. Расстояние между опорами называется шагом измерения.

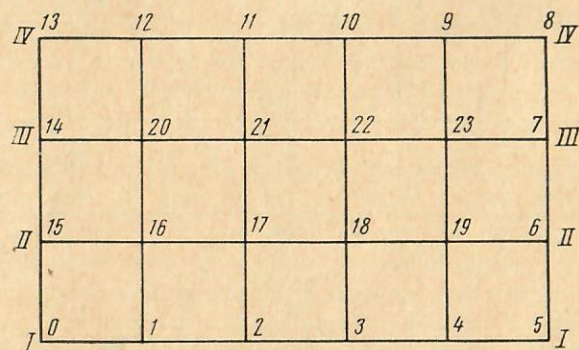


Рис. 9

Методику проверки при помощи уровня и обработку результатов измерений рассмотрим на конкретном примере.

Пусть требуется проверить плоскостность плиты размером 1000×630 мм класса 1. Согласно табл. 7, шаг измерения следует взять равным 200 мм, следовательно, плиту проверяют в сечениях, указанных на рис. 9.

Прежде чем приступить к проверке, на боковой поверхности плиты наносят отметки, расстояние между которыми равно шагу измерения. Положение проверяемых точек в промежуточных сечениях определяют по рулетке, натянутой между соответствующими этим сечениям отметками на противоположных боковых поверхностях плиты. Проверяемые точки нумеруют в той последовательности, в какой проводят их проверку.

Сначала измерения проводят по замкнутому контуру, т. е. в точках 1, 2, 3 . . . 15, 0. Затем проверяют промежуточные сечения II (точки 15, 16, 17, 18, 19, 6) и III (точки 14, 20, 21, 22, 23, 7).

Уровень помещают последовательно на все проверяемые участки поверхности так, чтобы его опоры располагались на пронумерованных точках, и отсчитывают показания на шкале ампулы по обоим концам пузырька, при двух положениях уровня, отличающихся на 180° .

Результаты измерения (в делениях шкалы) записывают в протокол проверки (табл. 12, графы 2 и 3).

Таблица 12

Номера точек	Отсчеты по шкале ампулы уровня		Средние арифметические значения	Отклонения от вспомогательной плоскости	Поправки	Исправленные значения отклонений H_i
	Первое положение уровня	Второе положение уровня				
1	2	3	4	5	6	7
0	—	—	—	—	0	0
1	+2,1	+2,6	+1,6	+1,2	+1,9	+2,0
2	+4,1	+4,6	+3,3	+2,9	+3,8	+5,8
3	+4,6	+5,1	+3,9	+3,5	+4,3	+10,1
4	+3,1	+3,6	+2,6	+2,2	+2,9	+13,1
5	+1,1	+1,6	+0,6	+0,1	+0,8	+14,0
6	+0,8	+1,3	+0,4	-0,1	+0,6	+14,7
7	+1,5	+1,9	+1,0	+0,5	+1,2	+16,0
8	+6,7	+7,2	+6,2	+5,8	+6,5	+22,5
9	+1,5	+1,9	+1,0	+0,5	+1,2	+23,8
10	-1,2	-0,8	-1,7	-2,2	-1,5	+22,4
11	-3,0	-2,5	-3,6	-4,0	-3,3	+19,2
12	-3,3	-2,8	-3,9	-4,3	-3,6	+15,7
13	-4,2	-3,7	-4,7	-5,1	-4,4	+11,4
14	-3,8	-3,2	-4,5	-4,8	-4,0	+7,5
15	-4,1	-3,7	-4,8	-5,3	-4,5	+3,1
0	-3,0	-2,5	-3,5	-3,9	-3,2	0
15	—	—	—	—	+3,1	+3,1
16	+4,0	+4,4	+3,4	+2,8	+3,6	+6,8
17	+2,4	+2,8	+1,9	+1,4	+2,1	+9,0
18	+1,3	+1,7	+0,8	+0,3	+1,0	+10,1
19	+2,9	+3,3	+2,3	+1,8	+2,5	+12,7
6	+2,2	+2,7	+1,6	+1,2	+1,9	+14,7
14	—	—	—	—	+7,5	+7,5
20	+2,8	+3,3	+2,3	+1,8	+2,5	+9,9
21	+2,3	+2,7	+1,8	+1,3	+2,0	+11,8
22	+1,6	+2,1	+1,1	+0,6	+1,3	+13,0
23	+2,2	+2,7	+1,7	+1,2	+1,9	+14,8
7	+1,6	+2,1	+0,9	+0,5	+1,3	+16,0

Среднее арифметическое значений граф 2 и 3 (графа 4) показывает, насколько каждая последующая точка выше или ниже предыдущей. Значения графы 4 последовательно суммируют и получают отклонения каждой поверяемой точки от горизонтальной плоскости, проходящей через точку с порядковым номером 0 (графа 5). Эту плоскость принимают в качестве вспомогательной для определения рельефа поверхности плиты.

Так как суммирование проводят по замкнутому контуру, то для точки 0 в графе 5 должны получить значение, равное нулю. Однако после суммирования для этой точки было получено значение, равное $-1,3$ деления шкалы. Следовательно, невязка равна $+1,3$. Так как эта величина накоплена в процессе всего измерения, ее нужно равномерно распределить на все точки. Величину поправки для каждой точки определяют, разделив полученное значение невязки ($+1,3$) на количество поверяемых точек и умножив на номер данной точки. Полученные значения записывают в графу 6. Исправленные значения отклонений H_i^0 (графа 7) каждой точки определяют, прибавляя к значениям графы 5 значения графы 6.

Определив отклонения от вспомогательной плоскости всех точек, образующих замкнутый контур, переходят к определению положения точек промежуточных сечений II и III. Для точки 15 отклонение от вспомогательной плоскости равно $+3,1$ деления. Прибавляя к нему последовательно значения для точек 16, 17, 18, 19, 6 из графы 4, получают отклонения этих точек от вспомогательной плоскости (графа 5).

Точке 6 соответствует отклонение от вспомогательной плоскости, равное $+14,7$ деления, а после суммирования получили $+14,3$ деления. Поскольку эта разница накоплена в процессе измерения, вводят поправки на все точки продольного сечения II. Для определения поправок величину невязки ($14,7-14,3=0,4$) делят на количество участков в поверяемом сечении и умножают последовательно на номера участков. Участки нумеруют в том порядке, в каком проводились измерения, т. е. участку 15—16 дают номер 1, участку 16—17 — номер 2 и т. д. Поправки для точек 16, 17, 18, 19 и 6 будут соответственно равны: $\frac{0,4}{5} \times 1$; $\frac{0,4}{5} \times 2$; $\frac{0,4}{5} \times 3$; $\frac{0,4}{5} \times 4$; $\frac{0,4}{5} \times 5$; т. е. 0,1; 0,2; 0,2; 0,3; 0,4 деления шкалы (графа 6).

Таким же образом определяют отклонения от вспомогательной плоскости точек 20, 21, 22, 23, 7, расположенных в промежуточном сечении III.

Отклонения H_i^0 (в делениях шкалы), полученные для всех поверяемых точек продольных сечений I, II, III и IV (рис. 9), записывают в специальную таблицу (табл. 13, графа 3).

Полученные значения H_i^0 включают в себя наклон плиты к горизонту в продольном и поперечном направлениях. Построенные по ним кривые профилей продольных сечений не дают наглядного представления о взаимном расположении точек, находящихся в различных сечениях, так как более низкие точки вследствие накло-

Номер сечения	Поверяемые точки	H_i^0	Наклон в поперечном направлении		Наклон в продольном направлении		Номер сечения	Поверяемые точки	H_i^0	Наклон в поперечном направлении		Наклон в продольном направлении	
			Поправка	H_i'	Поправка	H_i				Поправка	H_i'	Поправка	H_i
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
I	0	0	0	0	0	0	III	14	+7,5	+7,6	-0,1	0	-0,1
	0	+2,0	0	+2,0	+2,8	-0,8		20	+9,9	+7,6	+2,3	+2,8	-0,5
	2	+5,8	0	+5,8	+5,6	+0,2		21	+11,8	+7,6	+4,2	+5,6	-1,4
	3	+10,1	0	+10,1	+8,4	+1,7		22	+13,0	+7,6	+5,4	+8,4	-3,0
	4	+13,1	0	+13,1	+11,2	+1,9		23	+14,8	+7,6	+7,2	+11,2	-4,0
	5	+14,0	0	+14,0	+14,0	0		7	+16,0	+7,6	+8,4	+14,0	-5,6
II	15	+3,1	+3,8	-0,7	0	-0,7	IV	13	+11,4	+11,4	0	0	0
	16	+6,8	+3,8	+3,0	+2,8	+0,2		12	+15,7	+11,4	+4,3	+2,8	+1,5
	17	+9,0	+3,8	+5,2	+5,6	-0,4		11	+19,2	+11,4	+7,8	+5,6	+2,2
	18	+10,1	+3,8	+6,3	+8,4	-2,1		10	+22,4	+11,4	+11,0	+8,4	+2,6
	19	+12,7	+3,8	+8,9	+11,2	-2,3		9	+23,8	+11,4	+12,4	+11,2	+1,2
	6	+14,7	+3,8	+10,9	+14,0	-3,1		8	+22,5	+11,4	+11,1	+14,0	-2,9

Примечание. Размеры в графах 3—7 указаны в делениях шкалы.

на плиты могут занять верхнее положение на графике и, наоборот, более высокие точки могут оказаться ниже. Поэтому надо изменить наклон плиты таким образом, чтобы точки 13 и 5 расположились на вспомогательной плоскости. Для этого сначала поворачивают поверяемую поверхность вокруг прямой, соединяющей точки 0 и 5 (рис. 10). Высоты всех точек любого продольного сечения изменятся пропорционально расстоянию от этого сечения до прямой (0—5). Высоты точек сечения I не изменятся: высоты точек сечения II уменьшатся на $\frac{1}{3}$ высоты точки 13, т. е. на $\frac{11,4}{3}=3,8$ деления (графа 4); высоты точек сечения III уменьшатся на $\frac{2}{3}$ высоты точки 13, т. е. на 7,6 деления; высоты точек сечения IV уменьшатся на 11,4 деления. Полученные значения 0; 3,8; 7,6; 11,4 мм записывают для соответствующих сечений в графу 4 табл. 13 и отнимают их от значений графы 3.

Затем поворачивают поверяемую поверхность вокруг прямой 0—13. Высоты точек, расположенных в сечении 0—13 сохраняют свои значения, а высоты остальных точек, лежащих в продольных сечениях, изменяются пропорционально их расстоянию от прямой 0—13, т. е. на $\frac{1}{5}$; $\frac{2}{5}$; $\frac{3}{5}$; $\frac{4}{5}$ и $\frac{5}{5}$ высоты точки 5. Высота точки 5

равна 14,0 деления, следовательно, высоты точек уменьшатся соответственно на 2,8; 5,6; 8,4; 11,2 и 14,0 деления (графа 6) и примут значения H_i , приведенные в графе 7.

Как видно из графы 7 табл. 13, наибольшее положительное отклонение от вспомогательной плоскости в точке 10 равно +2,6 деления, наибольшее отрицательное отклонение в точке 7 равно -5,6 деления.

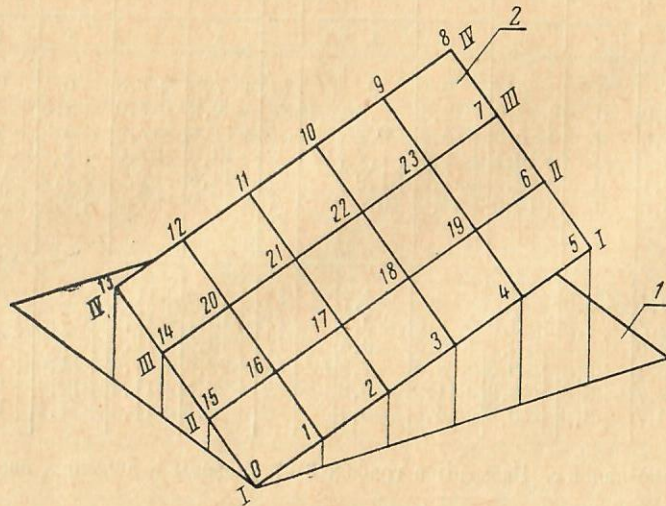


Рис. 10

1 — вспомогательная плоскость; 2 — поверяемая поверхность.

Отклонение от плоскостности рабочей поверхности плиты не будет превышать суммы их абсолютных значений, т. е. $+2,6| + |-5,6| = 8,1$ деления.

Эту величину следует определить в линейных единицах. Для этого полученное значение умножают на коэффициент a .

$$a = 4,8 \times 10^{-6} lr,$$

где l — расстояние между опорами подставки уровня в мм;
 $4,8 \times 10^{-6}$ — коэффициент размерности;

r — угловая цена деления ампулы уровня в сек.

В нашем примере $r = 4$ сек, $l = 200$ мм, следовательно,
 $a = 4,8 \times 10^{-6} \times 200 \times 4 = 0,00384$ мм $\approx 3,8$ мкм.

Отклонение от плоскостности поверяемой поверхности не будет превышать $3,8 \times 8,1 \approx 30$ мкм.

Полученное значение превышает отклонение от плоскостности, допускаемое ГОСТ 10905—64 для плит размером 1000×630 мм класса 1. Следовательно, необходимо найти отклонение от прилегающей плоскости.

Согласно методике построения прилегающей плоскости (приложение 1) на миллиметровой бумаге строят графики профилей поверяемых сечений I, II, III и IV (рис. 11) и их проекции на прилегающую плоскость I'—IV'.

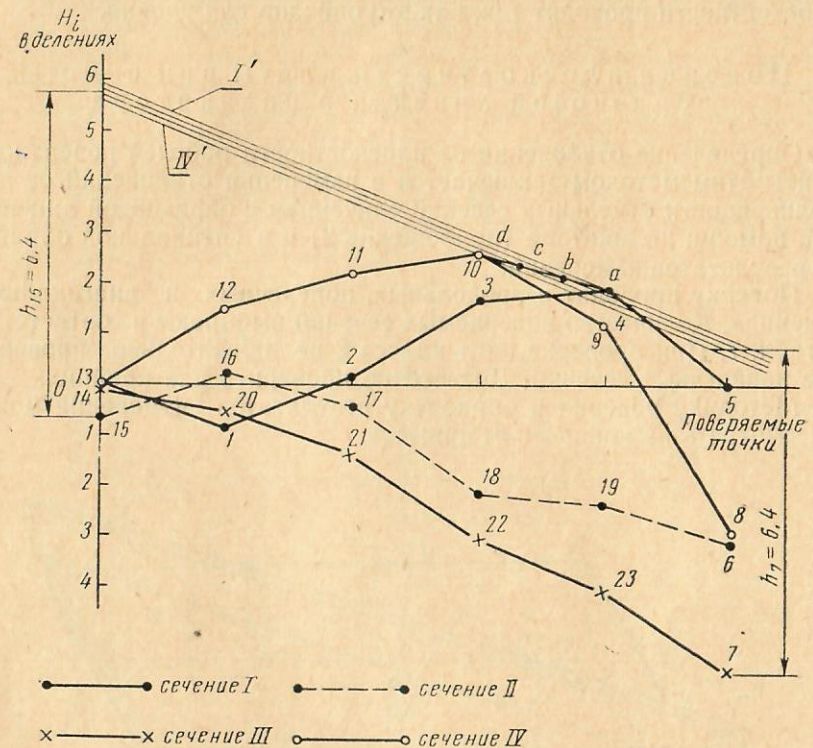


Рис. 11

Расстояние от прилегающей плоскости до наиболее низких точек 7 и 15 поверхности равно 6,4 деления или $6,4 \times 3,8 = 24$ мкм. Это значение больше отклонения от плоскостности, допускаемого по ГОСТ 10905—64 для класса 1. Поверяемую плиту следует забраковать или отнести к классу 2.

Проверка при помощи гидростатического уровня

Проверку проводят в сечениях, указанных на рис. 6. Количество поверяемых точек выбирают в соответствии с табл. 7. Одну головку устанавливают на точку O, а вторую помещают последовательно на все поверяемые точки и каждый раз производят отсчеты по обе-

им головкам. Разность отсчета в любой точке поверхности и отсчета в точке O дает высоту этой точки над плоскостью горизонта, проходящей через точку O . Высоты точек, расположенных в продольных сечениях, записывают в таблицу, аналогичную табл. 13. Дальнейшую обработку результатов и определение отклонения от плоскостности проводят так, как это описано для уровня.

Проверка плоскостности плиты при помощи образцовой линейки и индикатора

Определение отклонения от плоскостности рабочей поверхности плиты этим методом заключается в измерении отклонений от прямолинейности отдельных сечений сличением с образцовой линейкой при помощи индикатора (приложение 2) и в специальной обработке результатов измерений.

Проверку проводят в продольных, поперечных и диагональных сечениях. Количество проверяемых сечений выбирают в соответствии с табл. 7. При проверке плит класса 2 не обязательно проверять все поперечные сечения. Достаточно проверить два крайних.

Методику проверки и обработку результатов измерений можно рассмотреть на конкретном примере.

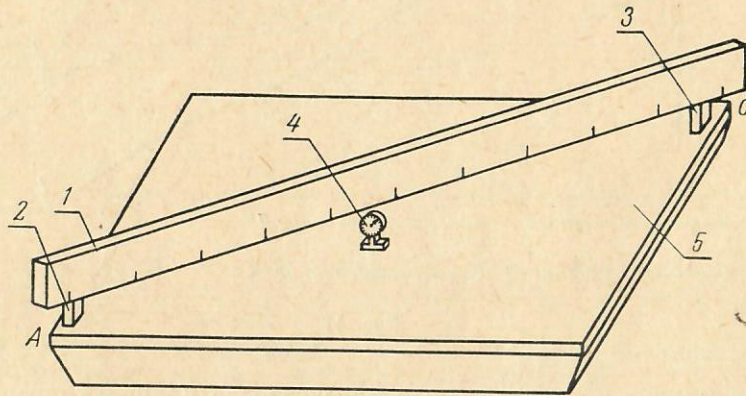


Рис. 12

1 — поверочная линейка; 2, 3 — опоры; 4 — индикатор; 5 — проверяемая плита.

Пусть требуется определить отклонение от плоскостности плиты размером 1000×630 мм класса 2.

Прежде чем приступить к измерениям, на боковые поверхности проверяемой плиты наносят отметки и нумеруют их. В данном случае на длинном ребре следует нанести пять отметок через 250 мм, на коротком ребре — пять отметок через 157 мм (см. табл. 7).

Проверку проводят по двум образцовым линейкам. Диагональные сечения проверяют по линейке длиной 1600 мм, а продольные и поперечные сечения — по линейке длиной 1000 мм.

На одной из боковых поверхностей образцовой линейки наносят отметки на расстоянии, равном расстоянию между проверяемыми сечениями плиты в продольном направлении, а на другой — в поперечном направлении.

Для записи результатов измерений на миллиметровой бумаге строят план проверяемых сечений (см. рис. 13).

Измерения проводят следующим образом. Образцовую линейку длиной 1600 мм помещают на опоры в точках наименьшего прогиба и устанавливают на одной из диагоналей плиты, например AC , так, чтобы середина линейки совпала с центром плиты (рис. 12). В центр помещают индикатор таким образом, чтобы наконечник его касался образцовой линейки, и устанавливают на его шкале отсчет, близкий к нулю. Затем помещают индикатор на крайние точки диагоналей и производят в них отсчеты.

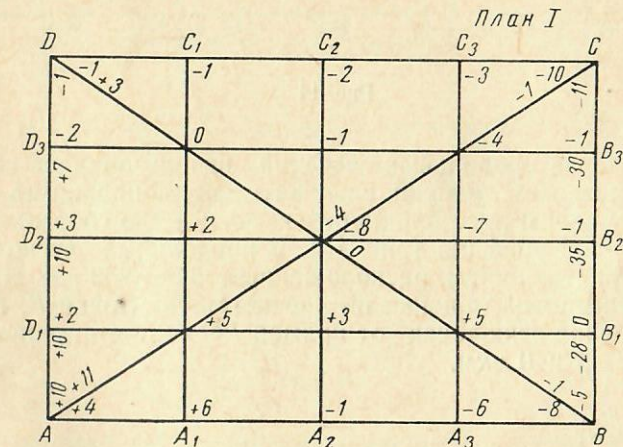


Рис. 13

После этого образцовую линейку устанавливают по второй диагонали и проводят измерение индикатором в центре плиты и на углах.

Затем по линейке длиной 1000 мм проверяют продольные сечения AB ; A_1C_1 ; A_2C_2 ; A_3C_3 ; CD и поперечные сечения AD и BC . В каждом из них проводят измерения в пяти точках. Отсчеты по индикатору записывают в соответствующих точках на плане I (рис. 13).

Результаты обрабатывают следующим образом.

Прежде всего в результаты измерений следует ввести поправки на непрямолинейность образцовой линейки. Для этого на миллиметровой бумаге по данным свидетельства строят кривые профи-

вспомогательной плоскости в точках O , A и C записывают на план III (рис. 17).

Таким же образом определяют отклонения от вспомогательной плоскости точек O , B и D в диагональном сечении BD .

Далее определяют отклонения от вспомогательной плоскости

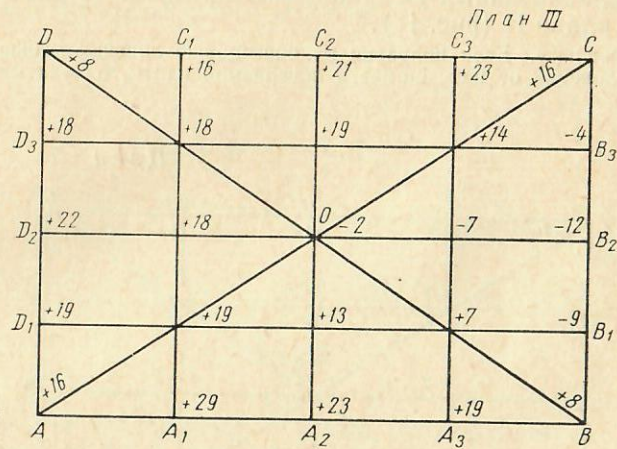


Рис. 17

точек, расположенных в крайних продольных сечениях: A_1 , A_2 и A_3 в сечении AB и C_1 , C_2 и C_3 в сечении DC . Для этого на миллиметровой бумаге строят по данным плана II графики кривых профилей этих сечений (рис. 18, а и б) и проводят прямые MN , соответствующие проекциям данных сечений на вспомогательную плоскость. Для того чтобы определить на графике положение прямой MN , откладывают от крайних точек кривой профиля значения отклонений от вспомогательной плоскости в этих точках. Причем отклонения, имеющие знак «плюс», откладывают вниз, а отклонения, имеющие знак «минус», — вверх.

Положение прямой MN для сечения AB определяют значениями отклонений от вспомогательной плоскости в точках A и B ($AM = +16$ мм; $BN = +8$ мм); для сечения DC — значениями отклонений в точках D и C ($DM = +8$ мм, $CN = +16$ мм). Определяют по графику расстояния от прямой MN до кривой профиля в точках A_1 , A_2 и A_3 (рис. 18, а) и в точках C_1 , C_2 и C_3 (рис. 18, б). Если поверяемая точка расположена выше линии MN , то отклонение записывают со знаком «плюс», если ниже этой линии, со знаком «минус».

Затем определяют, таким же образом, как и для точек в продольных сечениях, отклонения от вспомогательной плоскости точек, расположенных в крайних поперечных сечениях: D_1 , D_2 и D_3 в сечении AD (рис. 18, в) и B_1 , B_2 и B_3 в сечении BC (рис. 18, г).

Зная отклонение от вспомогательной плоскости точек, расположенных в крайних поперечных сечениях (B_1 , B_2 , B_3 , D_1 , D_2 , D_3), определяют отклонения от вспомогательной плоскости точек в промежуточных продольных сечениях B_1D_1 (рис. 18, д), B_2D_2 (рис. 18, е), B_3D_3 (рис. 18, ж).

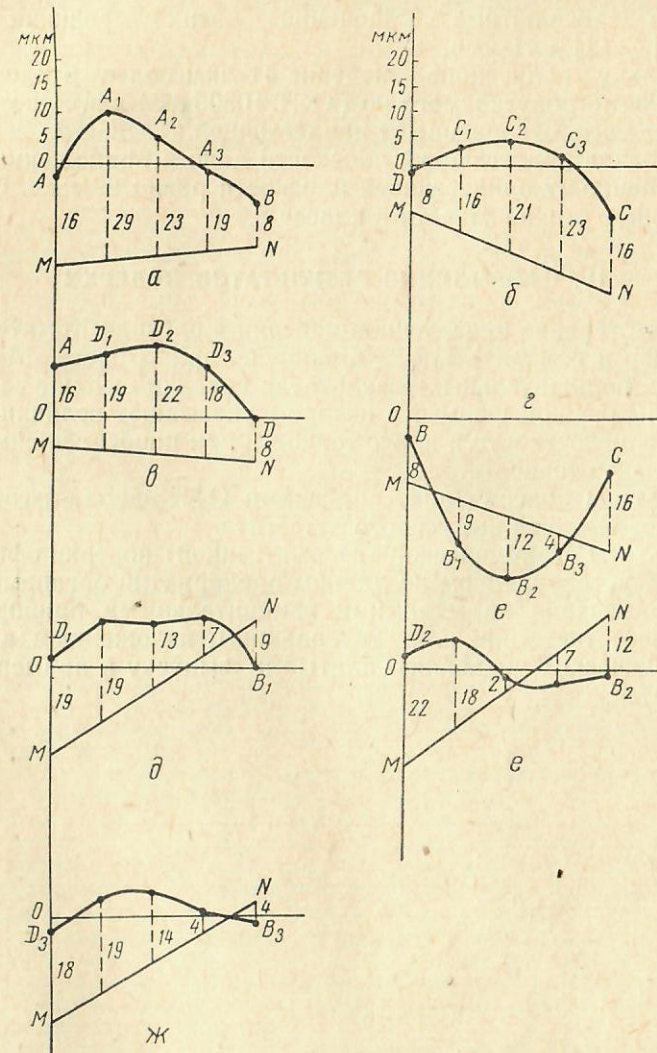


Рис. 18

Таким образом получают отклонения от вспомогательной плоскости для всех поверяемых точек, которые записывают на плане III.

Отклонение от плоскостности поверяемой поверхности не будет превышать суммы абсолютных значений наибольших положительного и отрицательного отклонений от вспомогательной плоскости. В данном случае наибольшее положительное отклонение равно $+23$ мкм (точка А), наибольшее отрицательное отклонение равно -12 мкм (точка В).

Сумма абсолютных значений этих величин равна $|+29| + |-12| = 41$ мкм.

Поскольку полученное значение 41 мкм более отклонения от плоскостности, допускаемого по ГОСТ 10905—64 для класса 2, следует определить отклонение от прилегающей плоскости.

Построение прилегающей плоскости дано в приложении 1.

Отклонение от прилегающей плоскости равно 29 мкм. Следовательно, плиту можно отнести к классу 2.

IV. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

В удостоверение проведенной поверки в органах Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР при положительных результатах поверки выдают свидетельство установленной формы, в котором указывают величину отклонения от плоскостности и класс точности или наносят клеймо с указанием класса точности.

Результаты поверки плит органами ОТК завода-изготовителя оформляют выдачей выпускного аттестата.

Результаты периодической (ведомственной) поверки оформляют в порядке, установленном на данном предприятии органами ведомственного надзора за мерами и измерительными приборами.

При несоответствии плит требованиям, изложенным в настоящих методических указаниях, плиты к выпуску и применению не допускаются.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ПЛОСКОСТИ

В ГОСТ 10905—64 допускаемые отклонения от плоскостности рабочих поверхностей даны по отношению к прилегающей плоскости.

Прилегающей называется такая плоскость, которая соприкасается с реальной поверхностью вне материала поверхности и расположена по отношению к реальной поверхности так, чтобы расстояние от нее до наиболее удаленных точек поверхности было наименьшим.

Поверяемые поверхности в большинстве случаев имеют сложную форму, которая часто напоминает сферу, седло или цилиндр.

При сферической форме поверхности прилегающая плоскость соприкасается с ней в центральной части и ориентирована таким образом, что наиболее низкие крайние точки поверхности расположены на одинаковом расстоянии от прилегающей плоскости. При цилиндрической форме поверхности прилегающая плоскость соприкасается с ней по линии в средней части и ориентирована таким образом, чтобы расстояния до наиболее низких точек поверхности были одинаковы. Если поверхность плиты имеет форму седла, прилегающая плоскость соприкасается с ней в точках, расположенных ближе к краям плиты. В этом случае в центре касания не будет.

Положение любой плоскости может быть задано лежащими в ней прямыми. Положение прилегающей плоскости находят, определяя проекции продольных сечений поверяемой поверхности на эту плоскость. Так как все поверяемые продольные сечения поверхности параллельны между собой и расположены на одинаковых расстояниях друг от друга, то их проекции на прилегающую плоскость будут также представлять параллельные прямые, расположенные на одинаковых расстояниях. Расстояние между прямыми будет зависеть от величины наклона прилегающей плоскости к поверяемой поверхности в поперечном направлении. Чем больше наклон прилегающей плоскости в поперечном направлении, тем меньше расстояние между проекциями сечений.

Прежде чем приступить к определению положения прилегающей плоскости, на миллиметровой бумаге строят графики продольных сечений. Их можно строить в системе двух (x, y) или трех (x, y, z) координат. Чертеж следует выполнять цветными карандашами, причем каждое сечение и соответствующая ему проекция должны иметь один цвет.

Выбрав на графике наиболее высокую точку поверхности, проводят через нее плоскость, параллельную вспомогательной плоскости.

В системе двух координат эта плоскость будет представлять на чертеже прямую, проходящую через наиболее высокую точку параллельно оси абсцисс. Если графики строят в системе трех координат, плоскость будет задана проекциями поверяемых сечений, представляющими ряд параллельных прямых.

Принимая за ось поворота в системе двух координат высокую точку, а в системе трех координат — прямую, проходящую через высокую точку параллельно оси ординат, наклоняют плоскость в сторону наиболее низкой точки поверхности до тех пор, пока расстояния до самых низких точек, расположенных справа и слева от оси поворота, не станут равны или пока плоскость не коснется второй высокой точки поверхности.

В первом случае дальнейшее определение положения прилегающей плоскости зависит от того, в каких сечениях расположены самые низкие точки поверхности.

Если низкие точки находятся в сечениях, расположенных по разные стороны от сечения, содержащего самую высокую точку, или одна из них принадлежит этому сечению, дальнейший поворот плоскости в любом направлении не имеет смысла, так как, уменьшая расстояние до одной точки, обязательно увеличивают расстояние до другой точки. В этом случае плоскость можно считать прилегаю-

вующих проекций будут равны, и через точки F и C_3 проводят параллельные прямые. Проекция остальных сечений пройдут через соответствующие точки на прямой A_1C_3 параллельно этим прямым.

При построении ни одна из проекций не пересекла соответствующую ей кривую профиля сечения, следовательно, полученная плоскость является прилегающей: она проходит вне материала поверхности, касается наиболее высоких точек и ориентирована таким образом, что расстояние от нее до наиболее удаленных точек поверхности является наименьшим. Это расстояние, характеризующее отклонение поверхности от плоскостности, в данном случае равно 29 мкм. Поверяемая плита соответствует классу 2.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ПЛОСКОСТИ В СИСТЕМЕ ТРЕХ КООРДИНАТ

Рассмотрим построение прилегающей плоскости для результатов измерения, полученных при проверке плоскостности плиты размером 1000×630 мм методом сличения с образцовой линейкой при помощи индикатора (см. рис. 17 методических указаний). Построим по ним рельеф поверхности. Для этого на миллиметровой бумаге проводят оси координат xuz в прямоугольной системе (рис. 2). На оси x откладывают расстояние между поверяемыми точками в продольных сечениях, а на оси y откладывают расстояния между поверяемыми точками в поперечном сечении и строят на плоскости xuz координатную сетку в произвольном масштабе. Так как плоскость xuz совпадает со вспомогательной плоскостью, линии $ab, a_1b_1, a_2b_2, a_3b_3$ и Oc представляют проекции поверяемых сечений поверхности на вспомогательную плоскость.

Для того чтобы построить кривые профилей отдельных сечений поверхности, откладывают по оси z отклонения поверяемых точек (см. рис. 17 методических указаний) от соответствующих проекций этих сечений на вспомогательную плоскость. Например, точки кривой профиля в сечении AB строят по отношению к прямой ab , в сечении DB — по отношению к прямой a_1b_1 и т. д.

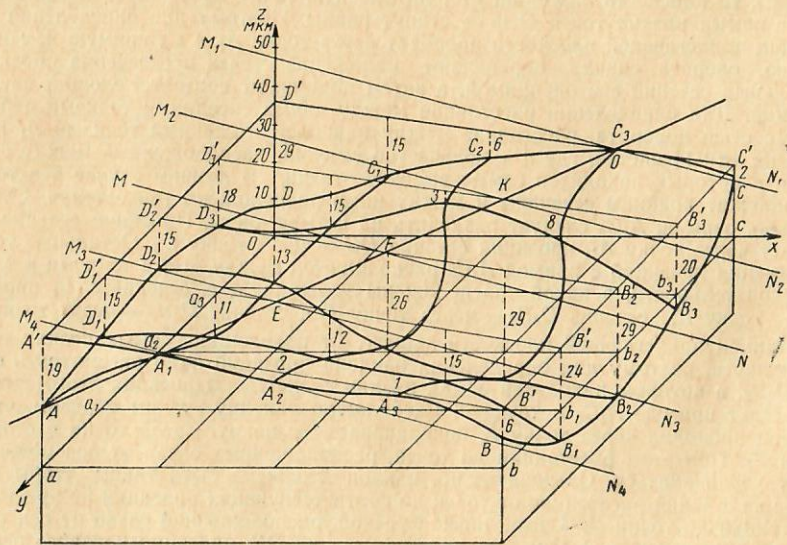


Рис. 2

Полученные точки соединяют плавными кривыми в продольном и поперечном направлениях и получают графическое изображение рельефа поверхности.

Самой высокой точкой поверхности является точка A_1 , а самой низкой — точка B_2 . Если провести плоскость через точку A_1 параллельно вспомогательной плоскости, т. е. плоскости xuz , и наклонить ее в сторону точки B_2 , то она коснется точки C_3 раньше, чем расстояния до низких точек B_2 и D станут равными. Поэтому для определения прилегающей плоскости соединяют A_1 и C_3 прямой A_1C_3 , которую принимают за ось поворота.

Сначала определяют положение точек пересечения проекций продольных сечений с этой прямой, а затем подбирают соответствующий наклон проекций.

Проекция всех сечений пересекают линию A_1C_3 на одинаковом расстоянии друг от друга. Для определения этого расстояния отрезок A_1C_3 разбивают на $(n+1)$ частей, где n — количество сечений, расположенных между теми сечениями, которым принадлежат самые высокие точки A_1 и C_3 . Между ними расположено три сечения. Следовательно, отрезок A_1C_3 нужно разделить на четыре равные части. Обозначают точки деления E, F и K .

Проекция сечения AB пройдет через точку A_1 , сечения D_1B_1 — через точку E , сечения D_2B_2 — через точку F , сечения D_3B_3 — через точку K , сечения DC — через точку C_3 .

Так как самая низкая точка B_2 находится в сечении B_2 , наклон прилегающей плоскости выбирают по отношению к этому сечению. Линейку располагают таким образом, чтобы она проходила через точку F , а расстояние до точек D_2 и B_2 было одинаковым. В данном случае оно равно 20 мкм. Затем перемещают линейку параллельно в точки K, C_3, E и A_1 . Видно, что при выбранном наклоне плоскости, расстояние от точки D в сечении DC до плоскости (линия M_1N_1) стало больше, чем расстояние от точек B_2 и D_2 . Оно равно 40 мкм. В сечении AB выбранная плоскость (линия M_2N_2) пересекается с поверхностью. Следовательно, такой наклон плоскости брать нельзя. Наклон плоскости необходимо сделать таким, чтобы плоскость не пересекала поверхность, а расстояние от нее до точки D было не больше, чем до точки B_2 . Производят наклон в сторону точки D и следят, чтобы расстояния от плоскости до точек B_2 и D стали равными. Проводят линию $D'C'$ и параллельно ей через точки K, F, E и A линии $D'_3B'_3, D'_2B'_2, D'_1B'_1$ и $A'B'$. Определяют расстояние от этих линий до точек кривых профиля поверхности во всех поверяемых продольных сечениях. Наибольшее расстояние от плоскости до поверхности получают для точек D и B_2 . Оно равно 29 мкм. Совершенно очевидно, что уменьшить его невозможно при любом повороте плоскости. Следовательно, полученную плоскость можно считать прилегающей. Отклонение от плоскостности равно 29 мкм.

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ИНДИКАТОРА

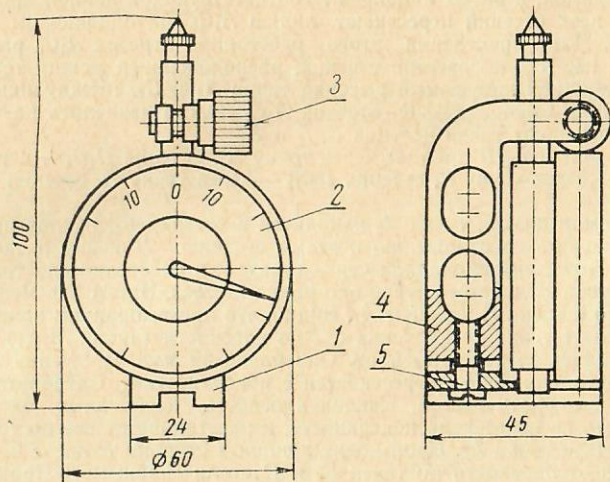


Рис. 1.

1 — основание; 2 — индикатор; 3 — зажимной винт;
4 — стойка; 5 — крепежный винт.

ОПОРНЫЕ ПРИЗМЫ

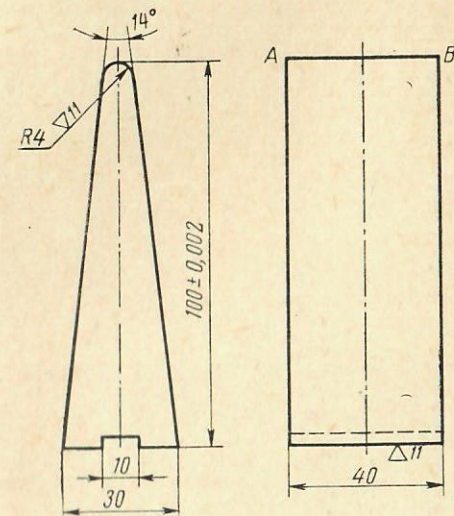


Рис. 2

Отклонение от плоскости основания не более 0,002 мм.
Отклонение от параллельности образующей *AB* к нижнему основанию не более 0,002 мм.

Цена 10 коп.

МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ (СИ)

Наименование величины	Единица измерения	Сокращ. обозначение	Наименование величины	Единица измерения	Сокращ. обозначение
ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ					
ДЛИНА	метр	<i>м</i>	Работа, энергия, количество теплоты	джоуль (1 <i>н</i>) · (1 <i>м</i>)	<i>дж</i>
МАССА	килограмм	<i>кг</i>	Мощность	ватт (1 <i>дж</i>) : (1 <i>сек</i>)	<i>вт</i>
ВРЕМЯ	секунда	<i>сек</i>	Количество электричества, электрический заряд	кулон (1 <i>а</i>) · (1 <i>сек</i>)	<i>к</i>
СИЛА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА	ампер	<i>а</i>	Электрическое напряжение, разность электрических потенциалов	вольт (1 <i>вт</i>) : (1 <i>а</i>)	<i>в</i>
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА	градус Кельвина	<i>°к</i>	Электрическое сопротивление	ом (1 <i>в</i>) : (1 <i>а</i>)	<i>ом</i>
СИЛА СВЕТА	свеча	<i>св</i>	Электрическая емкость	фарада (1 <i>к</i>) : (1 <i>в</i>)	<i>ф</i>
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ					
Плоский угол	радиан	<i>рад</i>	Поток магнитной индукции	вебер (1 <i>в</i>) · (1 <i>сек</i>)	<i>вб</i>
Телесный угол	стерадиан	<i>стер</i>	Индуктивность	генри (1 <i>вб</i>) : (1 <i>а</i>)	<i>гн</i>
ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ					
Площадь	квадратный метр	<i>м</i> ²	Теплоемкость системы	джоуль на градус	<i>дж/град</i>
Объем	кубический метр	<i>м</i> ³	Теплопроводность	ватт на метр-градус	<i>вт/м-град</i>
Плотность (объемная масса)	килограмм на кубический метр	<i>кг/м</i> ³	Световой поток	люмен (1 <i>св</i>) · (1 <i>стер</i>)	<i>лм</i>
Скорость	метр в секунду	<i>м/сек</i>	Яркость	нит (1 <i>св</i>) : (1 <i>м</i> ²)	<i>нт</i>
Угловая скорость	радиан в секунду	<i>рад/сек</i>	Освещенность	люкс (1 <i>лм</i>) : (1 <i>м</i> ²)	<i>лк</i>
Сила	ньютон (1 <i>кг</i>) · (1 <i>м</i>) : (1 <i>сек</i>) ²	<i>н</i>			
Давление	ньютон на квадратный метр	<i>н/м</i> ²			

ПРИСТАВКИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ НАИМЕНОВАНИЙ КРАТНЫХ И ДОЛЬНЫХ ЕДИНИЦ

Множитель, на который умножается единица	Приставка	Сокращ. обозначение	Множитель, на который умножается единица	Приставка	Сокращ. обозначение
1000 000 000 000 = 10 ¹²	тера	<i>Т</i>	0,1 = 10 ⁻¹	деци	<i>д</i>
1 000 000 000 = 10 ⁹	гига	<i>Г</i>	0,01 = 10 ⁻²	санти	<i>с</i>
1 000 000 = 10 ⁶	мега	<i>М</i>	0,001 = 10 ⁻³	милли	<i>м</i>
1 000 = 10 ³	кило	<i>к</i>	0,000001 = 10 ⁻⁶	микро	<i>мк</i>
100 = 10 ²	гекто	<i>г</i>	0,000000001 = 10 ⁻⁹	нано	<i>н</i>
10 = 10 ¹	дека	<i>да</i>	0,000000000001 = 10 ⁻¹²	пико	<i>п</i>