

**ОПТИМЕТР ВЕРТИКАЛЬНЫЙ
ПРОЕКЦИОННЫЙ**

ИКВ-3

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ИНСТРУКЦИЯ
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**



Трижды ордена Ленина
ЛЕНИНГРАДСКОЕ
ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ
имени В. И. ЛЕНИНА

ОПТИМЕТР ВЕРТИКАЛЬНЫЙ
ПРОЕКЦИОННЫЙ
ИКВ-3

№ 810021

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ
И ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

1980

1. НАЗНАЧЕНИЕ

ПРОЕКЦИОННЫЙ ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ОПТИМЕТР
ИКВ-3 типа ОВЭ-1 ГОСТ 5405—64 предназначается для контактных измерений наружных линейных размеров изделий методом сравнения с концевыми мерами 4 и 5-го разрядов (1 и 2-го классов), калибрами и деталями-образцами.

На оптиметре можно производить измерения концевых мер длины, калибров, толщины листов, диаметра шариков, проволочек и т. д.

Оптиметр изготавливается в исполнении У категории 4.2 по ГОСТ 15150—69, но для работы в помещении с температурой воздуха $+20 \pm 2^\circ \text{C}$ и относительной влажностью не более 80%.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Пределы измерения по шкале, мкм	± 100
Цена деления шкалы, мкм	1,0
Наибольшая величина измеряемого наружного размера, мм	200
Измерительное усилие при наружных измерениях, Н, не более	2,0

Пределы допускаемой основной погрешности измерительного устройства, мкм:		
на участках шкалы от 0 до $\pm 0,06$ мм . . .	$\pm 0,2$	
на участках шкалы свыше $\pm 0,06$ мм . . .	$\pm 0,3$	
Габаритные размеры оптиметра, мм, не более		
	$200 \times 260 \times 630$	
Масса оптиметра, кг, не более		
	18	
Наибольшая масса измеряемого изделия, кг, не более		
	3	

3. СОСТАВ ОПТИМЕТРА

В состав оптиметра входят стойка с кронштейном, измерительное устройство с осветительной системой и набор сменных предметных столов.

4. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И УСТРОЙСТВО ОПТИМЕТРА

Принцип действия оптиметра основан на получении автоколлимационного изображения шкалы от качающегося зеркала.

Зеркало, которое служит для получения автоколлимационного изображения, связано с измерительным стержнем и при его перемещении отклоняется на соответствующий угол.

Наблюдаемое на экране автоколлимационное изображение шкалы перемещается относительно неподвижного индекса пропорционально перемещению измерительного стержня.

В основу принципа автоколлимации положено свойство объектива превращать пучок расходящихся лучей

от источника, расположенного в фокусе объектива, в пучок параллельных лучей и затем собирать этот пучок, отраженный плоским зеркалом, в том же фокусе объектива.

Если источник света не совпадает с фокусом объектива и расположен на расстоянии a от главной оптической

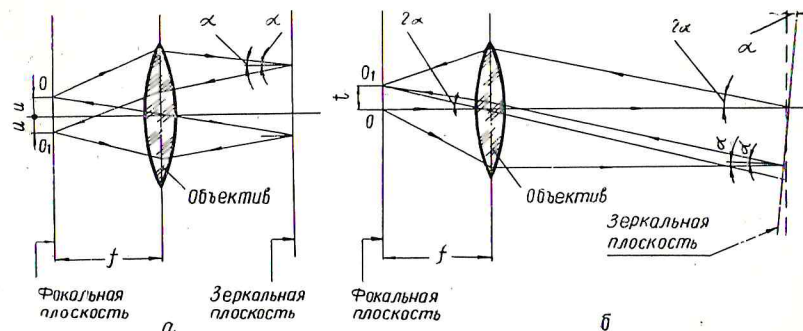


Рис. 1

оси (рис. 1, а), то один из лучей (центральный) от источника света пойдет по побочной оптической оси, а остальные лучи, преломившись, пойдут параллельно побочной оптической оси. Встретившись с зеркальной плоскостью, перпендикулярной к главной оптической оси, лучи отразятся по углом α к главной оптической оси, пройдут параллельным пучком и, преломившись в объективе, сойдутся в точке O_1 , симметричной точке O .

Тогда

$$a = f \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

где f — фокусное расстояние объектива.

Если источник света расположен в фокусе объектива,

мерительного стержня на величину h (рис. 3) вызывает наклон зеркала на угол φ ,

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{b}, \quad (2)$$

где b — длина плеча, равная расстоянию от оси O вращения зеркала до точки A касания измерительного стержня.

Луч MN при отражении от зеркала отклонится на угол 2φ , и точка M вследствие этого переместится в точку M_1 . Из треугольника MNM_1 (согласно схеме на рис. 1, б) имеем

$$\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{H}{NM}, \quad (3)$$

где H — величина смещения луча при наклоне зеркала на угол φ ;

NM — отрезок, равный фокусному расстоянию объектива.

Так как в обоих случаях речь идет о малых углах, то величины $\operatorname{tg} \varphi$ и $\operatorname{tg} 2\varphi$ можно заменить величинами φ и 2φ . После некоторых преобразований получим искомого величину передаточного отношения

$$\frac{H}{h} = 2 \frac{F}{b}. \quad (4)$$

Механические и оптические соотношения всей системы оптиметра подобраны так, что видимое на экране смещение изображения шкалы на одно малое деление соответствует осевому перемещению измерительного стержня на 0,001 мм. Линия измерения оптиметра расположена вертикально. Отсчет производится по индексу, причем десятые доли микрометра отсчитываются на глаз. Отсчеты снимают по наблюдаемой на экране шкале с расстояния нормального зрения (около 250 мм).

4.2. Конструкция

Оптиметр состоит из стойки с кронштейном, измерительного устройства с осветительной системой и набора сменных предметных столов.

Стойка состоит из массивного чугунного основания 17 (рис. 4) и жестко связанной с ним колонки 18, по которой может перемещаться кронштейн 19 с измерительным устройством 20.

На основании установлен основной ребристый стол 21, регулируемый маховичками 22. В отрегулированном положении стола маховички закрепляются зажимными винтами 23.

Измерительное устройство 20 крепится в кронштейне 19 маховичком 24. Кронштейн с измерительным устройством может перемещаться по колонке с помощью гайки 25 и в требуемом положении закрепляется маховичком 26. Точная установка измерительного устройства относительно измеряемой детали производится эксцентриком с помощью маховичка 27 при открепленном маховичке 24.

Внутри измерительного устройства расположены все оптические части оптиметра. На передней стенке установлен экран, защищенный от бокового света блендой 28. При работе в хорошо освещенном помещении бленда 28 заменяется удлиненной блендой 29 (рис. 5). Над блендой расположен рычаг 30 (см. рис. 4), с помощью которого включают юстировочную линзу для фокусировки и центрировки лампы.

С правой стороны на измерительном устройстве расположен маховичок 31 механизма точной установки шкалы на «ноль».

В нижней части измерительного устройства находится пиноль с измерительным стержнем, на конус которого крепится измерительный наконечник 32, который выби-

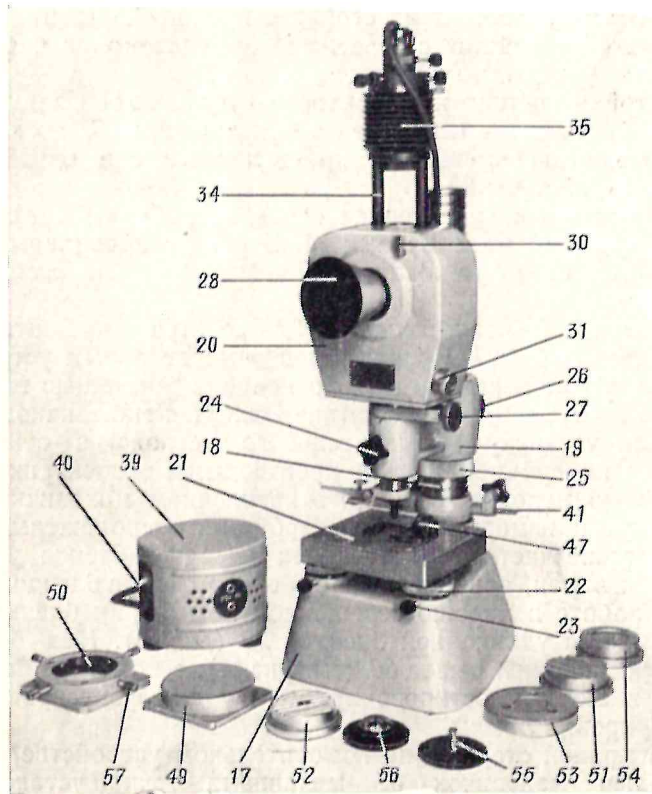


Рис. 4

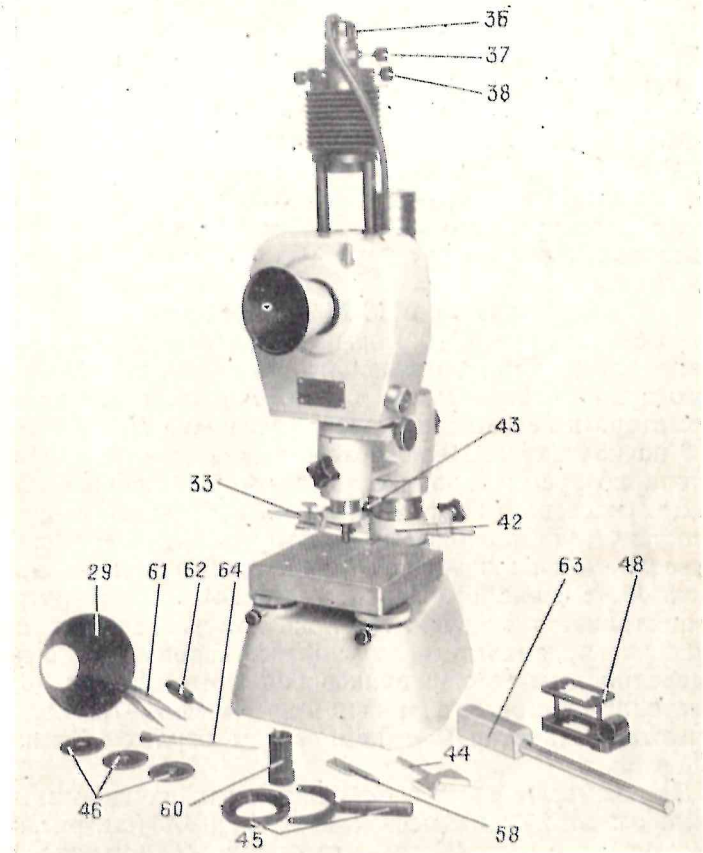


Рис. 5

рается из прилагаемого к прибору комплекта сменных наконечников. Измерительный стержень отводится при измерениях арретиром 33 (см. рис. 5).

В верхней части измерительного устройства на двух стойках 34 (см. рис. 4) укреплен тубус 35 осветительной системы оптиметра. В тубусе крепятся патрон 36 (см. рис. 5) с проекционной лампой и пятилинзовый конденсор. Для регулировки освещения патрон с лампой можно перемещать внутри тубуса вдоль оптической оси конденсора при открепленном винте 37, а также перпендикулярно к оптической оси с помощью четырех регулировочных винтов 38.

Лампа накаливания РН6-25 питается через трансформатор 39 (см. рис. 4), который включается в сеть 220 В. Трансформатор можно включать также в сеть 127 В, для этого нужно отвернуть три винта, снять крышку трансформатора и переключить провод на плате П₁ с контакта 3 на контакт 2. Включение и выключение трансформатора во время работы осуществляется кнопкой 40.

Для массового контроля изделий используют упорные штифты 41, устанавливаемые в хомутике 42 (см. рис. 5), закрепляемом на колонке 18 (см. рис. 4) при помощи винта 43 (см. рис. 5). Перемещение хомутика по высоте осуществляется от руки. Этот же хомутик служит для установки призматического упора 44, используемого при измерении диаметров шариков большого размера. Для измерения диаметров шариков в пределах 1—7,5 мм применяются сепаратор 45 с комплектом втулок 46 и плоский стол.

Для измерения плоскопараллельных концевых мер размером до 20 мм имеется державка 47 (см. рис. 4), а размером свыше 20 мм — державка 48 (см. рис. 5).

На поверхности основного ребристого стола имеются четыре резьбовых отверстия для крепления плоского

стола 49 (см. рис. 4) и прижимной оправы 50 для сменных предметных столов: ребристого дополнительного стола 51 с выступающим средним ребром, ребристого стола 52 со сферической вставкой, вспомогательного стола 53, переходного (хромированного) стола 54, стола 55 с пяткой (СТ-7) и сферического стола 56 (СТ-8).

Центрировка сменных предметных столов в поперечном и продольном направлениях относительно измерительного наконечника производится с помощью четырех винтов 57 прижимной оправы 50.

5. РАЗМЕЩЕНИЕ И МОНТАЖ

Распаковать ящики, в которых упакованы кронштейн с колонкой и принадлежности. Для этого раскрыть защитный чехол, вывернуть шурупы с крышки укладочного ящика, снять крышку, вывернуть шурупы из колодок, крепящих кронштейн с колонкой и ящик с принадлежностями, снять колодки и вынуть кронштейн с колонкой и ящик с принадлежностями. Снять бумагу и удалить смазку с кронштейна, колонки и принадлежностей.

Поставить кронштейн с колонкой на плиту или устойчивый стол.

Вынуть укладочный ящик с измерительным устройством, предварительно вывернув гайки и сняв пружины-амортизаторы. Вывернуть шурупы на крышке укладочного ящика, снять крышку, раскрыть защитный чехол и вынуть измерительное устройство.

Снять с пиноли измерительного устройства предохранительный колпачок, выкрашенный в красный цвет, снять с измерительного стержня транспортировочную втулку. Удалить смазку и протереть наружные оптические детали ватным тампоном, смоченным в спирто-эфирной смеси.

При очистке от смазки и промывании механических частей чистым авиационным бензином нельзя допускать попадания бензина на оптику.

После расконсервации закрепить измерительное устройство в кронштейне.

Для достижения необходимой точности измерений оптиметр должен быть установлен в чистом, сухом, затемненном помещении, в котором не должно быть вибраций, на прочном столе высотой около 750 мм так, чтобы было удобно сидя наблюдать за изображением на экране.

6. ПОДГОТОВКА ОПТИМЕТРА К ИЗМЕРЕНИЮ

После установки оптиметра включить осветительную систему и проверить центрировку лампы. Для этого установить рычаг 30 в горизонтальное положение и наблюдать на экране за изображением нити лампы, которое должно быть резким, неокрашенным и располагаться в центре экрана, находясь в горизонтальном положении. Если этого наблюдаться не будет, отцентрировать лампу, для чего открепить винт 37 (см. рис. 5) и, разворачивая и смещая по высоте патрон с лампой, добиться наиболее резкого изображения на экране средней части нити лампы, закрепить винт 37, затем привести с помощью регулировочных винтов 38 изображение средней части нити лампы в центр экрана и перевести рычаг 30 (см. рис. 4) в вертикальное положение. Окончательно центрировку лампы производить до получения резкого изображения штрихов в центре экрана.

В зависимости от вида измеряемого изделия выбрать измерительный наконечник соответствующей формы, например, для измерения размеров изделий с плоскими поверхностями — сферический наконечник, изделий со

сферическими поверхностями — плоский наконечник. Поверхность соприкосновения изделия и наконечника должна быть как можно меньше (близкой к точке или линии).

Установить измерительный наконечник на измерительный стержень и закрепить винтом, затем надеть и закрепить арретир 33 (см. рис. 5).

Для точного измерения изделия важно также правильно выбрать предметный стол.

Для измерения плоскопараллельных концевых мер длины размером до 20 мм и других подобных изделий с вогнутой поверхностью до 0,0015 мм применяется ребристый стол со сферическим агатовым поднаконечником. Для измерения плоскопараллельных концевых мер длины размером свыше 20 мм применяется ребристый дополнительный стол (с выступающим средним ребром). Для измерения мелких изделий с выступами и выточками используется стол СТ-7 с выступающей вверх пяткой. Для измерения тонких листовых изделий применяется стол СТ-8 с выступающей вверх сферой. Для установки столов СТ-7 и СТ-8 применяется дополнительный переходной (хромированный) стол. Для измерения гладких калибров, контркалибров, шариков и других

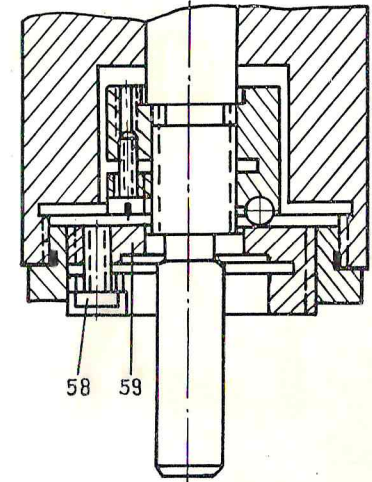


Рис. 6

подобных изделий применяется плоский стол. При использовании приспособления ИП-1 для измерения диаметра проволочек применяется вспомогательный стол. Все сменные столы, кроме столов СТ-7, СТ-8, вспомогательного и плоского, перед измерением закрепляются на основном ребристом столе с помощью прижимной оправы и винтов, имеющихся в комплекте оптиметра. Во всех остальных случаях измерения следует производить непосредственно на основном ребристом столе.

Для регулировки величины наблюдаемого остатка изображения шкалы в крайнем нижнем положении измерительного стержня необходимо ослабить винт 58 (рис. 6) и установить остаток шкалы гайкой 59 с помощью ключа 60 (см. рис. 5). Перед началом регулировки гайки следует отпустить винт 58 не более чем на четверть оборота.

Установку шкалы производить медленным разворотом гайки 59 до тех пор, пока в поле зрения оптиметра не будет менее 5 делений.

7. ПОРЯДОК РАБОТЫ

7.1. Регулировка ребристого стола

Выставить поверхность основного ребристого стола 21 (см. рис. 4) перпендикулярно к линии измерения.

Для регулировки стола на измерительном стержне оптиметра закрепить плоский наконечник диаметром 8 мм, поверхность ребристого стола тщательно промыть авиационным бензином и поместить на нее плоскопараллельную концевую меру размером 5—7 мм 3-го разряда (1 или 2-го класса), а также тщательно промытую. Привести наконечник в контакт с концевой мерой.

Если стол имеет большой наклон относительно на-

конечника, что можно обнаружить по зазору между ними с помощью лупы, необходимо регулировочными маховичками 22 установить стол приблизительно параллельно поверхности наконечника.

Малый наклон стола относительно наконечника устранить следующим образом. Определить величину и характер перекоса в направлении, перпендикулярном к оси вращения OB (рис. 7, а, где A и B — регулировочные винты стола, O — шаровая опора). Для этого концевую меру поместить на столе в положение I (коротким ребром по диаметру наконечника) и снять отсчет. Подняв арретиром измерительный наконечник, повернуть меру на 180° , установить ее в положение II и снова снять отсчет. Разность между отсчетами с учетом их знаков при положениях I и II определит величину n перекоса. Перекос устраняется вращением регулировочного винта A на величину, соответствующую величине h перемещения стола вверх или вниз, отсчитываемый по шкале оптиметра в микрометрах:

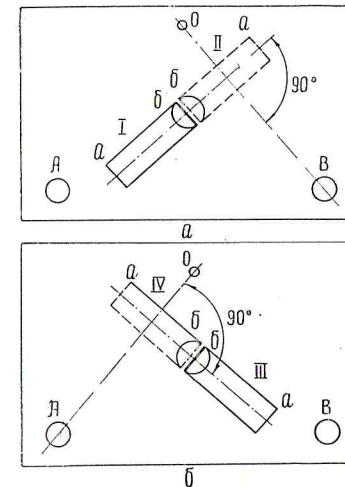


Рис. 7

$$h = \frac{40n}{d}, \quad (5)$$

где n — величина перекоса, мкм;

d — диаметр наконечника, мм.

При диаметре наконечника 8 мм $h = 5n$.

Направление вращения регулировочного винта *A* определяется по знаку разности следующим образом: если разность отсчетов (*I—II*) отрицательная, стол надо поднимать, вращая винт *A* против часовой стрелки; если разность отсчетов положительная, стол надо опускать, вращая винт *A* по часовой стрелке.

Пример. Отсчет при положении *I* составляет минус 2,4 мкм, отсчет при положении *II* — минус 10,2 мкм, тогда

$$n = I - II = -2,4 - (-10,2) = +7,8 \text{ мкм};$$

$$h = 5n = 5 \times 7,8 = +39 \text{ мкм}.$$

Так как *h* — величина положительная, то стол нужно опустить винтом *A* на 39 мкм.

Точно так же устранить перекося в направлении, перпендикулярном к оси вращения *OA*, с помощью винта *B*, помещая концевую меру сначала в положение *III* (рис. 7, б), затем в положение *IV*.

По окончании регулировки снова проверить правильность установки стола во всех положениях и в случае необходимости все указанные операции повторять до тех пор, пока при различных положениях концевой меры разность показаний по шкале будет не более 0,3 мкм.

На этом регулировку стола можно считать законченной.

7.2. Измерение параметров, регулировка и настройка

7.2.1. Измерение плоскопараллельных концевых мер

Для измерения плоскопараллельных концевых мер длины размером до 20 мм на отрегулированный основной ребристый стол *21* (см. рис. 4) установить сменный стол *52* со сферической вставкой. Отцентрировать стол относительно оси измерения. Привести измерительный

наконечник сферической формы в контакт со сферической вставкой стола с помощью четырех винтов *57* прижимной оправы *50*. Определить по точке возврата изображения шкалы момент смещения вершин в продольном и поперечном направлениях.

Поместить на отрегулированный стол державку *47* с тщательно промытыми плоскопараллельными концевыми мерами (образцовой и измеряемой), причем концевые меры в державке должны быть расположены так, чтобы длинное ребро концевых мер было перпендикулярно к направлению ребер основного ребристого стола. Затем переместить кронштейн с измерительным устройством вдоль колонки до соприкосновения измерительного наконечника с серединой образцовой плоскопараллельной концевой меры (при соприкосновении начнет перемещаться шкала) и закрепить маховичком *26*, при этом маховички *27* и *31* должны находиться в среднем положении, при котором индексы — красные риски — на маховичках и на корпусе измерительного устройства совмestятся. Опуская при помощи маховичка *27* при открепленном маховичке *24* измерительное устройство, получить на экране приблизительное совмещение изображений нулевого штриха шкалы и индекса; закрепить маховичок *24*. Добиться вращением маховичка *27* точного совмещения изображений индекса и нулевого штриха шкалы и произвести не менее двух-трех арретирований.

После некоторой выдержки, убедившись в стабильности положения изображения нулевого штриха, снять отсчет по шкале на экране.

Поднять измерительный наконечник и передвинуть меры на столе так, чтобы под наконечник была подведена измеряемая мера. Опустить измерительный наконечник, привести его в контакт с измеряемой мерой и вновь снять отсчет. Разность отсчетов даст разность

размеров образцовой и измеряемой концевых мер. Алгебраически прибавить к полученной разности взятый из паспорта действительный размер образцовой меры и получить размер измеряемой концевой меры.

Для повышения точности измерения повторить не менее трех раз.

Для измерения плоскопараллельных концевых мер длины размером свыше 20 мм применяются дополнительный ребристый стол 51 с выступающим средним ребром и державка 48 (см. рис. 5).

7.2.2. Измерение калибров-пробок

Для измерения гладких калибров, контракалибров, шариков и других подобных изделий применяются плоский стол 49, закрепляемый на основном ребристом столе, и упоры 41 (см. рис. 4), 58 (см. рис. 5).

Выбор наконечника зависит от величины измеряемого диаметра. Так, при диаметрах до 20 мм рекомендуются ленточные наконечники, при диаметрах свыше 20 мм — сферические.

Установить нулевой отсчет на шкале оптиметра по блоку концевых мер, равному по длине номинальному диаметру измеряемого калибра; снять концевые меры и поместить на столе калибр. Не нарушая контакта с наконечником, перемещать калибр по направлению к наблюдателю до получения на шкале наибольшего отсчета.

При использовании упоров нужно следить, чтобы установка их обеспечивала измерения строго по диаметру.

7.2.3. Измерение диаметров шариков

При измерении диаметров шариков применяются плоский стол 49 и сепаратор 45 (см. рис. 5) с тремя съемными втулками 46.

Выбор наконечника зависит от величины измеряемого диаметра. Для измерения диаметров шариков малых размеров (в пределах 1—7,5 мм) применяется плоский наконечник, для измерения больших диаметров — сферический наконечник и призматический упор 44 с осью, который крепится в хомутке 42 на колонке 18 (см. рис. 4).

Установить нулевой отсчет на шкале оптиметра по концевой мере или, что лучше, по образцовому шарик. Ввести шарик на линию измерения и заметить по шкале наибольший отсчет.

7.2.4. Измерение диаметра проволочек

Измерение диаметра проволочек производится с помощью приспособления ИП-1 (поставляемого по особому заказу) по методике, изложенной в техническом описании и инструкции по эксплуатации этого приспособления.

7.2.5. Измерение тонких листовых и мелких изделий с выточками и уступами

Для измерения тонких листовых изделий применяется стол 56 (СТ-8) с выступающей сферой, который устанавливается на переходной (хромированный) стол 54. Крепление переходного стола на основном ребристом столе осуществляется с помощью прижимной оправы 50.

При работе с этим столом дополнительно следует произвести центровку его относительно оси измерения в поперечном и продольном направлениях аналогично методике центровки стола со сферической вставкой, изложенной в разделе 7.2.1 настоящего описания.

Для измерения мелких изделий с выточками и усту-

паме применяется сменный стол 55 (СТ-7) с выступающей вверх пяткой. Крепление стола СТ-7 на основном ребристом столе аналогично креплению стола СТ-8.

8. ИНСТРУМЕНТ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

К каждому оптиметру прилагаются ключ 60 (см. рис. 5), пинцет 61, отвертка 62, термометр 63, беличья кисточка 64, фланелевая салфетка и комплект сменных измерительных наконечников.

Ключ предназначается для регулировки величины наблюдаемого остатка изображения шкалы в крайнем нижнем положении измерительного стержня.

Пинцет предназначается для работы с плоскопараллельными концевыми мерами.

Отвертка используется при закреплении на измерительном стержне сменных измерительных наконечников.

Термометр применяется для определения температуры измеряемого изделия.

Кисточка и фланелевая салфетка служат для удаления пыли и грязи с оптических поверхностей оптиметра.

9. МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ

На измерительном устройстве имеется бирка, на которой награвированы товарный знак предприятия-изготовителя, шифр оптиметра, обозначение варианта исполнения и категории, номер государственного стандарта, порядковый номер, две первые цифры которого означают две последние цифры года выпуска оптиметра.

Укладочные ящики имеют пломбы ОТК, которые снимаются потребителем только в присутствии материально ответственного лица.

10. ТАРА И УПАКОВКА

Принадлежности к оптиметру и запасные части укладываются в гнезда неразборного укладочного ящика, обеспечивающие их неподвижность при перевертывании закрытого ящика.

Законсервированный оптиметр и принадлежности обертываются бумагой, перевязываются шпагатом и запаиваются во влагозащитную пленку.

Укладочные ящики для кронштейна с колонкой и измерительного устройства сохраняются на случай длительного хранения или повторного транспортирования оптиметра.

11. ПРОВЕРКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПТИМЕТРА

Проверку технического состояния оптиметра производить по ГОСТ 8.270—77.

12. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
Поле зрения экрана не освещается	Перегорела лампа	Отвернуть винт крепления патрона, ослабить регулировочные винты и вынуть патрон с лампой

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
Уменьшился видимый остаток изображения шкалы	Развернулась гайка	Вывернуть перегоревшую лампу и ввернуть новую Отрегулировать согласно разделу 6 настоящего описания

13. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Техническое обслуживание оптиметра подразделяется на ежедневное, ежемесячное и годовое.

Ежедневное техническое обслуживание состоит из внешнего осмотра прибора, удаления пыли и чистки оптики.

Пыль с прибора удалять с помощью фланелевой салфетки; пыль с оптических поверхностей удалять мягкой беличьей кисточкой; при наличии на оптике жирных пятен снимать их ватным тампоном, слегка смоченным в спирте или эфире.

При ежемесячном техническом обслуживании следует выполнить работу в объеме ежедневного обслуживания и произвести смазку прибора, предварительно удалив старую смазку.

При обнаружении поврежденных коррозией участков протереть их салфеткой, смоченной в бензине, и смазать тонким слоем технического вазелина или смазки.

Осмотреть штепсельное соединение и электрошнуры, при необходимости произвести чистку их контактных поверхностей.

При годовом техническом обслуживании выполнить работу в объеме ежемесячного обслуживания и проверить комплектность оптиметра.

14. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

14.1. При переносе ящиков с оптиметром и принадлежностями пользоваться предназначенными для этого ручками.

14.2. Отсоединение и присоединение проводов производить только после отключения электропитания.

14.3. Во время переконсервации узлов оптиметра и чистки оптики строго соблюдать правила пожарной безопасности, так как применяемые материалы легко воспламеняются.

15. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ

Оптиметр следует хранить в укладочных ящиках в отапливаемом (или охлаждаемом) и вентилируемом помещении склада, расположенного в любых климатических районах, при температуре воздуха от +1 до +40° С и относительной влажности 80% при температуре +20° С.

16. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

Транспортирование оптиметра в упакованном виде допускается всеми видами транспорта.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение	3
2. Технические данные	3
3. Состав оптиметра	4
4. Принцип действия и устройство оптиметра	4
4.1. Оптическая схема	6
4.2. Конструкция	9
5. Размещение и монтаж	13
6. Подготовка оптиметра к измерению	14
7. Порядок работы	16
7.1. Регулировка ребристого стола	16
7.2. Измерение параметров, регулировка и на- стройка	18
8. Инструмент и принадлежности	22
9. Маркирование и пломбирование	22
10. Тара и упаковка	23
11. Проверка технического состояния оптиметра	23
12. Характерные неисправности и методы их устра- нения	23
13. Техническое обслуживание	24
14. Указания мер безопасности	25
15. Правила хранения	25
16. Транспортирование	25



Экз. № 3

4/102

МИ 1958 – 89

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Оптиметры.

Методика поверки

МИ 1958 – 89

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва
1989

БелГИМ
ФОНД ДОКУМЕНТОВ

РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГСИ. Оптиметры.

Методика поверки

МИ 1958- 89

Дата введения 01.10.89

Настоящая рекомендация распространяется на оптиметры с ценой деления шкалы 0,001 мм и устанавливает методику их первичной (при выпуске из ремонта) и периодической поверок. Рекомендация не распространяется на импортные оптиметры.

1. ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

1.1. При проведении поверки должны быть выполнены операции и применены средства поверки, указанные в таблице.

1.2. Допускается применять другие, вновь разработанные или находящиеся в применении средства поверки, удовлетворяющие по точности требованиям настоящей рекомендации.

Наименование операции	Номер пункта	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Обязательность проведения операции при	
			выпуске из ремонта	эксплуатации и хранении
Внешний осмотр	4.1.	-	Да	Да
Опробование	4.2.	-	Да	Да
Проверка параллельности указателя относительно штрихов шкалы	4.3.	-	Да	Да
✓ Проверка измерительных наконечников	4.4.	По ГОСТ 11007	Да	Да
Проверка шероховатости рабочих поверхностей плоского и ребристого столов	4.5.	Интерференционный измерительный микроскоп по ГОСТ 9847. или профилометр по ГОСТ 19300	Да	Нет

Продолжение

Наименование операции	Номер пункта	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Обязательность проведения операции при	
			выпуске	эксплуатации и хранения
✓ Проверка отклонения от плоскостности рабочих поверхностей измерительных столов	4.6.	Нижняя плоская стеклянная пластина диаметром 120 мм 2-го класса точности по ГОСТ 2923; плоская стеклянная пластина для проверки измерительных столов (см. приложение I)	Да	Да
Определение отклонения от прямолинейности перемещения кронштейна по направляющим	4.7.	Автоколлиматор типа АК-5 по ГОСТ 11899; линейка ЛД-1-320 по ГОСТ 8026; плоское зеркало диаметром 30 мм и допуском плоскостности 0,12 мкм	Да	Нет
Определение усилия трогания предметного стола при продольном перемещении	4.8.	Граммометр с диапазоном измерения от 5 до 50 сН, ценой деления шкалы 1 сН, погрешностью измерения не более 1 сН	Да	Нет
Определение измерительного усилия и колебания измерительного усилия при наружных измерениях	4.9.	Граммометр с диапазоном измерения от 50 до 300 сН, ценой деления шкалы 10 сН, погрешностью измерения не более 10 сН	Да	Нет
✓ Определение изменения показаний прибора при закреплении измерительного стола, стержня пиноли зажимными винтами	4.10.	-	Да	Да
✓ Определение изменения показаний прибора при нажатии на измерительный стержень измерительного устройства и пиноли в направлении, перпендикулярном к оси стержня	4.11.	Плоскопараллельная концевая мера длины размером 8-10 мм 2-го класса точности по ГОСТ 9038; граммометр с диапазоном измерений от 50 до 300 сН, ценой деления 10 сН и погрешностью измерения не более 10 сН	Да	Да
Определение разности между максимальным и минимальным отсчетами при повторных регулировках взаимного положения измери-	4.12.	-	Да	Да

Продолжение

Наименование операции	Номер пункта	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Обязательность проведения операции при	
			выпуске из ре-монта	Эксплуатации и хранения
тальных наконечников пиноли и измерительного устройства				
Определение превышения среднего ребра круглого ребристого стола над остальными ребрами и сферической вставки круглого стола над его рабочей поверхностью	4.13.	Концевая мера длины для поверки измерительных столов (см. приложение 2)	Да	Да
✓ Определение размаха показаний при наружных измерениях	4.14.	Плоскопараллельные концевые меры длины размером 8-10 и 100 мм 2-го класса точности по ГОСТ 9038	Да	Да
Определение погрешности прибора	4.15.	Образцовые плоскопараллельные концевые меры 3-го разряда по МИ 1604	Да	Да
Определение смещений центров держателей измерительных дуг относительно центров плоскостей измерительных наконечников измерительного устройства и пиноли	4.16.	Измерительная металлическая линейка по ГОСТ 427	Да	Нет
Определение измерительного усилия при внутренних измерениях	4.17.	Граммометр или динамометр с диапазоном измерения от 50 до 300 сН, ценой деления шкалы 10 сН, погрешностью измерения не более 10 сН	Да	Нет
Определение размаха показаний при внутренних измерениях	4.18.	Кольцо диаметром от 13,5 до 15 мм по ГОСТ 14855	Да	Да

2. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

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

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

2.3. В помещении, где проводят промывку, должны быть предупредительные знаки и сигнальные цвета по ГОСТ 12.4.026. Запрещено пользоваться открытым огнем, применять электробытовые приборы.

3. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

3.1. Температура помещения, в котором проводят поверку оптиметра, должна быть (20 ± 2) °С, относительная влажность при температуре 20 °С не более 80 %.

3.2. Горизонтальный оптиметр должен быть установлен в горизонтальное положение по встроенному в прибор уровню.

3.3. Перед проведением поверки все наружные поверхности оптиметра должны быть предварительно протерты от пыли и грязи. Измерительные наконечники и плоскопараллельные концевые меры длины, по которым проводят поверку, должны быть промыты бензином по ГОСТ 1012 или бензином-растворителем по ГОСТ 443, вытерты чистой тканью и выдержаны на рабочем месте не менее 4 ч.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

4.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие оптиметра следующему требованию: на наружных поверхностях прибора не должно быть коррозии и механических повреждений, влияющих на эксплуатационные свойства.

4.2. Опробование

При опробовании проверяют взаимодействие узлов оптиметра, которое должно соответствовать следующим требованиям.

4.2.1. Крепление съемных, сменных и подвижных частей должно быть надежным.

4.2.2. Перемещение подвижных частей оптиметра должно быть плавным.

4.2.3. Перемещение предметного стола горизонтального оптиметра в вертикальном направлении должно осуществляться без ощутимого люфта.

4.2.4. Перемещение верхней части предметного стола горизонтального оптиметра вдоль линии измерения должно производиться без ощутимого люфта.

4.2.5. Механизм точной установки измерительного устройства, микрометрические винты измерительного стола вертикального оптиметра или пиноли должны обеспечивать плавное осевое перемещение измерительного наконечника в обе стороны.

4.2.6. При крайних положениях измерительного стержня в поле зрения должно оставаться 5 - 7 делений шкалы у оптиметров с экраном и 15 - 20 делений - у оптиметров с окуляром, выпускаемых из ремонта. У оптиметров, находящихся в эксплуатации, в поле зрения должно оставаться 2 - 7 делений шкалы у оптиметров с экраном и не менее 5 делений у оптиметров с окуляром.

4.2.7. Изображение штрихов и цифр должно быть резким и неокрашенным. Шкала в поле зрения на всем ее протяжении должна быть чистой и равномерно освещенной. На крайних участках шкалы допускается незначительное уменьшение освещенности, не мешающее работе. У оптиметров, находящихся в эксплуатации, допускается наличие отдельных точек на шкале, не препятствующих отсчитыванию показаний.

4.2.8. У оптиметров с указателем ограниченной длины в поле зрения указатель должен перекрывать штрихи шкалы не менее 0,5 длины коротких штрихов.

4.2.9. Поперечное смещение изображения шкалы относительно указателя при перемещении изображения шкалы в пределах ± 100 делений не должно превышать 0,1 у оптиметров, выпускаемых из ремонта, и 0,25 длины короткого штриха у оптиметров, находящихся в эксплуатации.

4.3. Параллакс указателя относительно штрихов шкалы оптиметров с окуляром проверяют наблюдением смещения изображения штрихов шкалы (нулевого и крайних) относительно указателя при небольших перемещениях глаза относительно окуляра.

Смещение указателя относительно нулевого и крайних штрихов шкалы не должно превышать соответственно 0,05 и 0,1 деления шкалы.

4.4. Измерительные наконечники оптиметров на соответствие их I-му классу точности проверяют методами, указанными в ГОСТ 11007.

При периодической поверке оптиметров проверяют надежность крепления наконечников и отсутствие дефектов на измерительных поверхностях.

4.5. Шероховатость рабочих поверхностей плоского и ребристого столов проверяют при помощи интерференционного измерительного микроскопа или профилометра по методике, изложенной в технической документации на прибор. Параметры шероховатости рабочих поверхностей плоского и ребристого столов соответственно $R_a = 0,08$ и $R_a = 0,04$ мкм.

4.6. Плоскост^{ность} рабочей поверхности основного измерительного стола проверяют интерференционным методом при помощи стеклянной пластины по ГОСТ 2923.

Плоскостность рабочей поверхности столов с выступающей сферической вставкой и выступающим средним ребром проверяют интерфе-

ренционным методом при помощи плоской стеклянной пластины (см. приложение I).

Стеклянную пластину накладывают на поверяемый стол и определяют отклонение от плоскостности по числу интерференционных колец которое не должно превышать 3; I и $\frac{2}{3}$ полосы у основного стола, стола с выступающей сферической вставкой и столов с выступающим средним ребром соответственно. При нажатии на пластину интерференционные полосы (столов всех типов) должны расходиться (т.е. допускается только выпуклость).

4.7. Отклонение от прямолинейности перемещения кронштейна (для измерительного устройства, пиноли) по направляющим определяют при помощи автоколлиматора и плоского зеркала. Зеркало укрепляют на проверяемом кронштейне, а автоколлиматор устанавливают на жесткой плите, на которой должен находиться и поверяемый прибор.

При проверке горизонтальных оптиметров автоколлиматор допускается устанавливать на основание поверяемого оптиметра.

Перемещают кронштейн с зеркалом по направляющим на весь диапазон, при этом через каждые 50 мм закрепляют его и снимают показания автоколлиматора. Разность между наибольшим и наименьшим показаниями автоколлиматора принимают за отклонение от прямолинейности перемещения кронштейна. Прямолинейность перемещения кронштейна по направляющим проверяют в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Отклонение от прямолинейности перемещения кронштейна в каждой плоскости не должно превышать $20''$.

У вертикальных оптиметров, выпускаемых из ремонта, проверку отклонения от прямолинейности перемещения кронштейна по направляющим допускается заменять проверкой отклонений от прямолинейности направляющей.

Отклонение от прямолинейности направляющей, определяемое при помощи лекальной линейки, не должно превышать 0,01 мм.

4.8. Усилие трогания предметного стола при продольном перемещении определяют при помощи граммометра и уровня. Верхнюю часть стола устанавливают в горизонтальное положение по уровню. К верхней части стола щупом граммометра прикладывают усилие, направленное по линии измерения в сторону пинולי, и по показанию граммометра, соответствующему началу перемещения стола, определяют усилие трогания. Усилие трогания верхней части предметного стола горизонтального оптиметра вдоль линии измерения не должно превышать 0,4 Н.

4.9. Измерительное усилие и колебание измерительного усилия при наружных измерениях определяют при помощи граммометра.

Щупом граммометра прикладывают усилие к наконечнику измерительного устройства оптиметра до получения показания, близкого нижнему пределу измерения оптиметра, затем до получения показаний, близкого верхнему пределу измерения. Разность показаний граммометра, соответствующая указанным положениям измерительного наконечника, определяет колебание измерительного усилия. Наибольшее показание граммометра определяет измерительное усилие. Измерительное усилие и колебание измерительного усилия не должны превышать соответственно 2 и 0,5 Н.

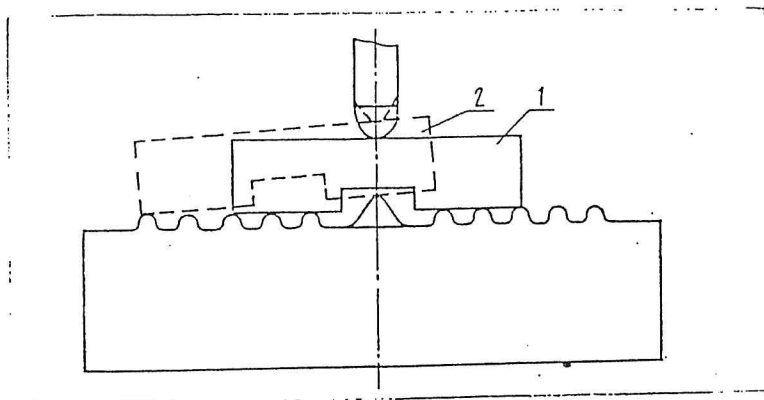
4.10. Для определения изменения показаний горизонтального оптиметра при закреплении стержня пинולי сферические измерительные наконечники приводят в соприкосновение, устанавливают регулировочными винтами пинולי в положение для измерения и наблюдают изменение показаний прибора при введении в действие зажимного винта пинולי, которое не должно превышать 0,4 мкм.

У вертикального оптиметра сферический измерительный наконечник приводят в соприкосновение с измерительным столом и наблюдают при введении в действие зажимного винта стола изменение показаний прибора. Изменение показаний не должно превышать 0,5 мкм.

4.11. Изменения показаний прибора при нажатии с усилием 2 Н на измерительный стержень измерительного устройства и пинולי в направлении, перпендикулярном к оси стержня, определяют при помощи грамометра и плоскопараллельных концевых мер длины. Используют сферические наконечники при проверке горизонтального оптиметра и сферический наконечник и основной стол при проверке вертикального оптиметра. Прибор устанавливают по плоскопараллельным концевым мерам длины на показание, близкое к нулевому. Затем щупом грамометра к измерительным наконечникам измерительного устройства и пинולי последовательно прикладывают усилие 2 Н в двух взаимно перпендикулярных направлениях и наблюдают изменение показаний прибора. Изменение показаний оптиметра при нажатии на измерительный наконечник измерительного устройства и пинולי в направлении, перпендикулярном к оси стержня, не должно превышать 0,5 мкм; после снятия усилия со стержней пинולי, измерительных устройств горизонтального и вертикального оптиметров, показания должны не превышать на 0,1 и 0,2 мкм при сравнении с начальными показаниями, соответственно.

4.12. Разность между максимальным и минимальным отсчетами при повторных регулировках взаимного положения измерительных наконечников измерительного устройства и пинולי определяют по показаниям поверяемого прибора при контакте плоских измерительных наконечников диаметром 8 мм. Стержень пинולי должен быть закреплен зажимным винтом. Действуя поочередно регулировочными винтами пинולי, определяют наименьшие показания (точки возврата) прибора. Точки возврата при действии каждым регулировочным винтом определяют не менее четырех раз и снимают отсчеты. Разность между наибольшим и наименьшим отсчетами при действии одним и тем же регулировочным винтом не должна превышать 0,1 мкм. Наибольшая разность между отсчетами при последовательном действии обоими регулировочными винтами не должна превышать 0,2 мкм.

4.13. Превышение среднего ребра круглого ребристого стола над остальными ребрами и сферической вставки круглого стола над его рабочей поверхностью определяют как разность показаний оптиметра при 1 и 2 (см. рисунок) установках плоскопараллельной концевой меры длины (см. приложение 2) на проверяемом столе.



Превышение среднего ребра круглого ребристого стола над остальными ребрами и сферической вставки круглого стола над его рабочей поверхностью не должно превышать соответственно 0,4 - 0,6 мкм и 2 - 3 мкм.

4.17. Размах показаний измерительного устройства вертикального оптиметра определяют как наибольшую разность показаний прибора при десятикратном арретировании сферического наконечника по плоскопараллельной концевой мере размером 8 - 10 мм.

Размах показаний измерительного устройства горизонтального оптиметра определяют как наибольшую разность показаний прибора при десятикратном арретировании измерительного наконечника по плоскопараллельной концевой мере размера 100 мм, закрепленной на столе оптиметра. При этом используют сферические измерительные наконечники.

Размах показаний измерительных устройств оптиметров не должен превышать 0,1 мм.

Размах показаний горизонтального оптиметра при наружных измерениях определяют при помощи плоскопараллельной концевой меры размером 100 мм, закрепленной на столе оптиметра. Перемещая предметный стол вокруг вертикальной (горизонтальной) оси, определяют наименьшее показание оптиметра. Перед отсчитыванием показания арретируют измерительный наконечник. Проводят десятикратную установку (перемещениями стола) плоскопараллельной концевой меры длины и отсчитывание показаний. Наибольшая разность показаний прибора не должна превышать 0,2 мм для размаха показаний горизонтального оптиметра при наружных измерениях.

4.15. Погрешность оптиметра определяют парным методом по плоскопараллельным концевым мерам длины. Применяют сферические измерительные наконечники и при проверке вертикальных оптиметров — стол со сферической вставкой.

Погрешность определяют на следующих участках шкалы:

- от 0 до плюс 0,060 мм;
- от 0 до минус 0,060 мм;
- от 0 до плюс 0,100 мм;
- от 0 до минус 0,100 мм.

На каждом участке шкалы прибор следует проверять тремя парами плоскопараллельных концевых мер с разностью длин мер в каждой паре, равной проверяемому диапазону. При этом вторая мера первой пары должна быть первой мерой второй пары, а вторая мера второй пары должна быть первой мерой третьей пары. Например, для проверки прибора на участке шкалы от 0 до плюс 0,060 мм применяют плоскопараллельные концевые меры размерами 1,00; 1,06; 1,12; 1,18 мм, из которых составляют последовательно три пары 1,00 и 1,06; 1,06 и 1,12; 1,12 и 1,18 мм.

Поверяемый прибор по первой мере пары устанавливают на нулевое показание и после арретирования наконечника отсчитывают показание A_1 . Затем заменяют первую меру второй мерой пары и отсчитывают показание A_2 .

Погрешность оптиметра Δ_i в микрометрах на поверяемом участке шкалы определяют по формуле

$$\Delta_i = \frac{\sum r_i - (L_n - L_1) \cdot 1000}{3},$$

где L_1 и L_n - действительные значения длины (по свидетельству о поверке) первой и последней мер ряда, по которым проведен участок шкалы, мм;

$\sum r_i$ - алгебраическая сумма разностей длин второй и первой мер трех пар (по показаниям оптиметра), мкм.

Погрешность оптиметра не должна превышать $\pm 0,2$ мкм и $\pm 0,3$ мкм на участке шкалы соответственно от 0 до $\pm 0,06$ мм и свыше $\pm 0,06$ мм.

Пример записи в протоколе поверки при определении погрешности оптиметра парным методом приведен в приложении 3.

4.16. Смещение центров шариков держателей измерительных дуг горизонтальных оптиметров относительно центров плоскостей наконечников измерительного устройства и пиноли определяют по положению точек контакта шариков держателей с плоскими наконечниками.

На шарики держателей наносят вазелин по ГОСТ 15975 и устанавливают до упора держатели на измерительное устройство и пиноль. Затем держатели снимают и по следам вазелина на наконечниках определяют измерительной металлической линейкой смещение точек контакта относительно центров плоскостей наконечников. Смещение не должно превышать 0,5 мкм.

4.17. Измерительные усилие при внутренних измерениях определяют граммометром или динамометром. К дуге, установленной на измерительное устройство прибора, щупом граммометра или динамометром

прикладывают усилие, направленное по линии измерения в сторону пинноли. По показаниям шкалы граммометра или динамометра, соответствующим показаниям оптиметра, близким к ± 100 мкм определяют измерительное усилие, которое не должно превышать 2,5 Н.

У оптиметров, находящихся в эксплуатации, дуги которых не имеют регулировки измерительного усилия, допускается измерительное усилие не проверять.

4.18. Размах показаний горизонтального оптиметра при внутренних измерениях определяют при помощи кольца, закрепленного на предметном столе прибора.

Перемещения предметного стола кольцо устанавливают в положение измерения диаметра его отверстия, арретируют измерительный наконечник и отсчитывают показание оптиметра. Проводят десятикратную установку (перемещениями стола) кольца и отсчитывание показаний.

Наибольшая разность показаний прибора не должна превышать 0,8 мкм.

5. СФОРМИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

5.1. Положительные результаты первичной поверки оптиметров предприятие-изготовитель оформляет отметкой в паспорте, заверенной поверителем.

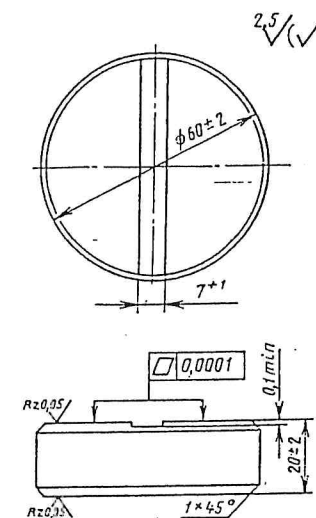
5.2. На оптиметры, признанные годными, при поверке органами Госстандарта СССР, выдают свидетельство установленной формы.

5.3. Результаты периодической взвешиваемой поверки оформляют отметкой в документе, составленном ведомственной метрологической службой.

5.4. Оптиметры, не удовлетворяющие требованиям настоящей рекомендации, к применению не допускают, свидетельство аннулируют, на них выдают извещение о непригодности с указанием причин.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

Плоская стеклянная пластина для проверки измерительных столов



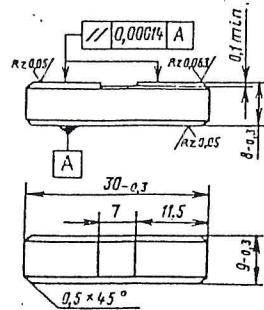
Материал: оптическое стекло марки К8 или ЛК4.
по ГОСТ 3514.

Технические требования к стеклу класса точности 2 по
ГОСТ 2926 , класс 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

Концевая мера длины для проверки
измерительных столов

0,63/ (✓)



Материал: сталь марки ШХ15 по ГОСТ 801...
Технические требования к измерительным
поверхностям - по ГОСТ 9036 для
плоскопараллельных концевых мер длины
класса точности 0.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

Пример записи результатов измерений при определении погрешности оптиметра парным методом

Проверяемый диапазон измерений, мм	Примоняемые пары плоскопараллельных концевых мер, мкм	Отсчет по первой мере пары α_1 , мкм	Отсчет по второй мере пары α_2 , мкм	Разность отсчетов $\Gamma_i = \alpha_2 - \alpha_1$, мкм	Погрешность на проверяемом участке шкалы $\Delta_i = \frac{\sum \Gamma_i - (L_n - L_1) \cdot 1000}{3}$
От 0 до 0,060	I,00 и I,06	0	+59,9	+59,9	$\Delta_i = \frac{179,5 - (0,17991) 1000}{3} =$ $= -\frac{0,41}{3} = -0,14$
	I,06 и I,12	0	+59,6	+59,6	
	I,12 и I,18	0	+60,0	+60,0	
$\sum \Gamma_i = 179,5$ мкм					
$L_n - L_1 = 1,17992 - 1,00001 = 0,17991$ мм					
От 0 до минус 0,060	I,18 и I,12	0	-60,1	-60,1	$\Delta_i = \frac{-179,6 - (-0,17991) 1000}{3} =$ $= \frac{+0,31}{3} = +0,10$
	I,12 и I,06	0	-59,7	-59,7	
	I,06 и I,00	-0,1	-59,9	-59,8	
$\sum \Gamma_i = -179,6$ мкм					
$L_n - L_1 = 1,00001 - 1,17992 = -0,17991$ мм					

Проверяемый диапазон измерений, мм	Применяемые пары плоскопараллельных концевых мер, мкм	Отсчет по первой мере пары A_1 , мкм	Отсчет по второй мере пары A_2 , мкм	Разность Отсчетов $\Gamma_i = A_2 - A_1$, мкм	Погрешность на проверяемом участке шкалы $\Delta_i = \frac{\sum \Gamma_i - (L_n - L_1)1000}{3}$, мкм
От 0 до 0,100	I,00 и I,10 I,10 и I,20 I,20 и I,30	0 0 -0,1	+100,0 +100,4 +100,0	+100,0 +100,4 +100,1	$\Delta_i = \frac{300,5 - (0,30001) 1000}{3} =$ $= \frac{+0,49}{3} = +0,16$
	$\sum \Gamma = 300,5$ мкм				
	$L_n - L_1 = 1,30002 - 1,00001 = 0,30001$ мм				
От 0 до минус 0,100	I,30 и I,20 I,20 и I,10 I,10 и I,00	0 +0,1 0	-100,1 -100,4 -100,1	-100,1 -100,5 -100,1	$\Delta_i = \frac{-300,7 - (-0,30001) 1000}{3} =$ $= \frac{-0,69}{3} = -0,23$
	$\sum \Gamma_i = -300,7$ мкм				
	$L_n - L_1 = 1,00001 - 1,30002 = -0,30001$ мм				