

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ МОНТАЖЕ

1. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения при монтаже выполняют в процессе приемки, геодезического обоснования, при ревизии оборудования, его сборке, доизготовлении и выверке. Трудоемкость измерений достигает 15—20% от общей трудоемкости монтажа и в дальнейшем по мере ужесточения требований к точности, повышению блочности и заводской готовности оборудования относительный объем измерений будет непрерывно возрастать. Наибольшую долю составляют линейные и угловые контрольные измерения при сборке машин и агрегатов, измерения отклонений формы и расположения элементов оборудования при его установке в проектное положение, а также в процессе выверки и центрирования. Эти измерения дают информацию не только о качестве изготовления и сборки оборудования, но и о правильности осуществления монтажного производственного процесса на всех его стадиях.

Контроль расположения отдельных видов механизмов, машин, их узлов и поверхностей, а также отклонений их формы осуществляют с помощью средств для линейных и угловых измерений, применяемых при сборке в машиностроении. Задачи установки оборудования в проектное положение решают средствами инженерной геодезии.

Для выверки оборудования применяют специализированные, в основном нестандартизованные измерительные приборы, инструменты и контрольно-измерительные приспособления.

Средство измерений — техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства. Средства измерений подразделяют на меры, измерительный инструмент и приборы. Например, на рис. 1. показано средство измерения — рычажно-зубчатая головка ИИГ на специальной стойке.

Принцип измерения — совокупность физических явлений, на которых основаны измерения; например, изме-

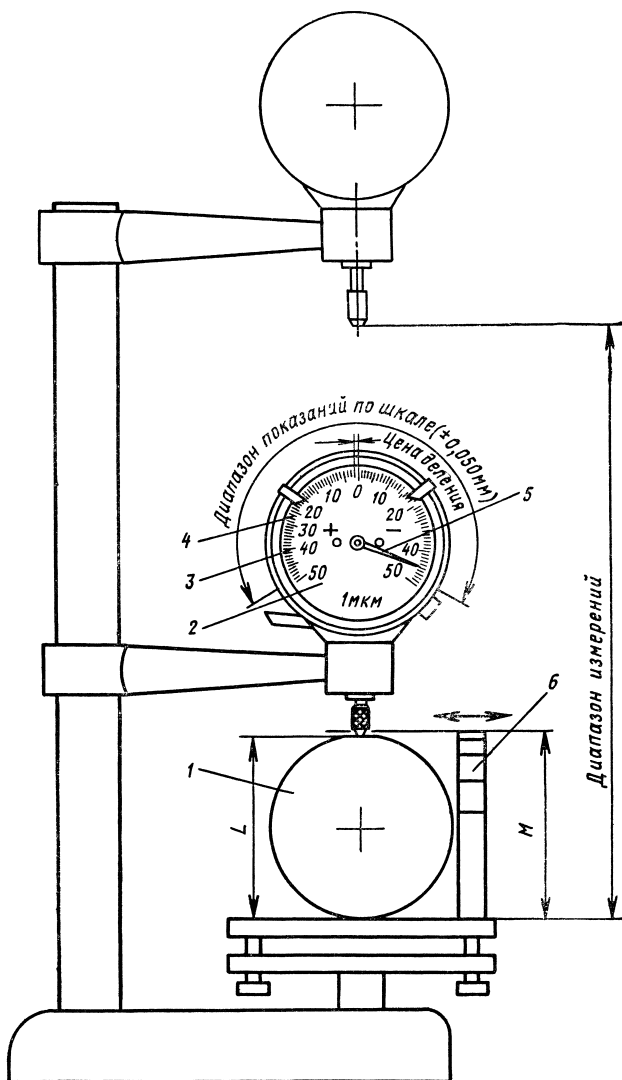


Рис. 1. Схема измерения с применением рычажно-зубчатой измерительной головки ИГ:

1 — измеряемая деталь размером L ; 2 — измерительная головка; 3 — шкала; 4 — отметка шкалы; 5 — указатель (стрелка); 6 — набор мер для настройки на размер M

рение длины по изменению давления воздуха в сети прибора.

Мера — средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера; например, плоскопараллельная концевая мера длины.

Измерительный прибор служит для выработки численного показания или сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Показывающий измерительный прибор позволяет только отсчитывать показания.

Калибр — средство контроля, предназначенное для проверки годности размера детали (например, предельный калибр) или ее конфигурации.

Шкала — часть отсчетного устройства, представляющая совокупность отметок и проставленных у некоторых из них чисел отсчета и других символов, соответствующих ряду последовательных значений величины.

Отметка шкалы — знак на шкале, соответствующий некоторому значению измеряемой величины. Например, знак может быть в виде черты, точки, зубца и т. д.

Деление шкалы или интервал деления — промежуток между двумя соседними отметками шкалы. У большинства измерительных средств интервал деления составляет 1—2,5 мм. Чем больше интервал деления на шкале, тем удобнее проводить отсчет по шкале, хотя это ведет к увеличению габаритов шкалы.

Указатель — та часть отсчетного устройства, положение которой относительно отметок шкалы определяет показание средства измерений. Указателем может являться стрелка, пузырек ампулы уровня, сетка оптического прибора и т. п.

Цена деления шкалы — разность значений, соответствующих двум отметкам шкалы. Например, у измерительной головки на рис. 1 цена деления равна 0,001 мм. Если стрелка прибора переместится от одного деления шкалы к другому, это значит, что измерительный накопчик переместился на 0,001 мм.

Цену деления не следует принимать за точность прибора. Точность прибора определяется погрешностью и может быть больше или меньше цены деления.

Отсчет — число, отсчитанное по отсчетному устройству средства измерений либо полученное счетом последовательных отметок или сигналов.

Показание средства измерений — значение величины, определяемое по отсчетному устройству и выраженное в принятых единицах этой величины.

Диапазон показаний — область значений шкалы, ограниченная конечным и начальным значениями шкалы; например, диапазон показаний на оптиметре $\pm 0,1$ мм, а на рычажно-зубчатой головке ИИГ, показанной на рис. 1, $\pm 0,05$ мм.

Диапазон измерений — область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средства измерений. Например, диапазон измерений размеров с применением измерительной головки определяется высотой стойки.

Предел измерений — наибольшее или наименьшее значение диапазона измерений.

Чувствительность — отношение изменения сигнала на выходе средства измерения к изменению измеряемой величины.

Номинальное значение меры — значение величины, указанное на мере или приписанное ей.

Действительное значение меры — значение величины, воспроизводимое мерой и установленное метрологической аттестацией.

Погрешность меры — разность между номинальным значением меры и истинным значением воспроизводимой ею величины.

Погрешность измерительного прибора — разность между показаниями прибора и истинным значением измеряемой им величины.

Поправка — значение величины, одноименной с измеряемой, прибавляемое к полученному при измерении значению величины с целью исключения систематической погрешности. Например, результат измерения $A = 9,99$; поправка $+ 0,01$; искомый размер $X = 9,99 + 0,01 = 10,0$.

Предел допускаемой погрешности или допускаемая погрешность средства измерений — наибольшая (без учета знака) погрешность средства измерений, при которой

оно может быть признано годным и допущено к применению. Понятие применимо к основной и дополнительной погрешностям. Например, пределы допускаемой погрешности 100-миллиметровой концевой меры длины 1-го класса равны $\pm 0,5$ мкм.

Для каждого вида измерительных средств, выпускаемых отечественными предприятиями, устанавливается допускаемая погрешность. Значения погрешностей наиболее распространенных измерительных средств, применяемых при монтаже оборудования, приведены ниже.

Инструментальная погрешность — составляющая погрешности измерения, зависящая от погрешностей применяемых средств измерений.

Погрешности измерений, выполняемых с применением различных средств, не следует путать с погрешностями собственно средств измерений.

Суммарная погрешность измерения — погрешность, включающая инструментальную погрешность, погрешность метода измерений и дополнительные погрешности. Погрешность измерения всегда больше погрешностей применяемого средства.

Класс точности средства измерений — обобщенная характеристика средства измерений, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами.

Вариации показаний измерительного прибора — средняя разность между значениями показаний измерительного прибора, соответствующими данной точке диапазона измерения, при двух направлениях медленного многократного изменения информативного параметра входного сигнала в процессе подхода к данной точке диапазона измерения.

Размах показаний — мера рассеяния показаний средства измерений, выраженная как разность между наибольшим и наименьшим из ряда показаний, соответствующих одной и той же измеряемой величине.

Основная погрешность средства измерений — погрешность средства измерений, используемого в нормальных условиях.

2. МЕРЫ

Различают угловые меры и меры длины. К мерам длины относятся концевые, штриховые и штрихоконцевые меры.

Плоскопараллельные концевые меры длины изготавливают в виде брусков прямоугольного сечения с двумя параллельными измерительными поверхностями, обладающими свойством притираться к измерительным поверхностям других концевых мер или плоских вспомогательных пластин (рис. 2).

Концевые меры при монтаже применяют для хранения и воспроизведения единицы длины, для проверки и градуировки штриховых мер и измерительных приборов, для установки прибора на ноль при измерении по методу сравнения с мерой, при установке регулируемых калибров на размер, а также для особо точных измерительных, разметочных работ и наладки.

Каждая мера воспроизводит только один размер. Под размером меры длины понимается длина перпендикуляра, опущенного из середины одной из измерительных поверхностей меры на противоположную измерительную поверхность. Этот размер меры носит название рабочего размера.

Длина меры в данной точке определяется длиной перпендикуляра, опущенного из данной точки на противоположную измерительную поверхность.

Притираемость концевых мер — их свойство прочно сцепляться между собой или с плоскими кварцевыми и стеклянными пластинами при надвигании одной меры на другую или меры на пластину. Притираемость мер определяется силой сдвига (для класса 0 сила сдвига 40 Н).

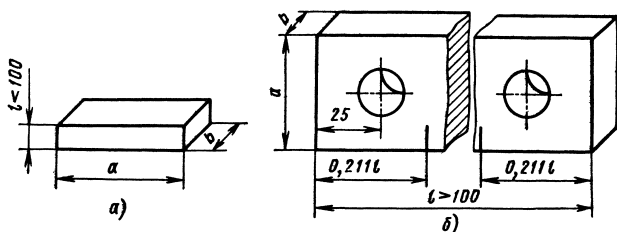


Рис. 2. Плоскопараллельные концевые меры длины: а — длиной $l < 100$ мм; б — длиной $l > 100$ мм

По точности изготовления плоскопараллельные концевые меры длины выпускают семи классов: 00; 01; 1; 3; 4; 5. Классификация по классам точности проводится в зависимости от отклонений длины мер от номинального размера, отклонений от параллельности и качества притираемости рабочих поверхностей.

Размеры поперечного сечения $a \times b$ концевых мер по ГОСТ 9038—83 при номинальном значении длины l 0,1—0,29; 0,20—0,29; 0,29—0,6; 0,6—10,1; 10,1—1000 мм соответственно составляют 15×5 , 30×9 , 20×9 , 30×9 , 35×9 мм. Допускаемые отклонения для концевых мер 1, 2 и 3-го классов точности, выпускаемых по ГОСТ 9038—83 с государственным Знаком качества, приведены в табл. 1.

На рабочих поверхностях концевых мер длиной более 100 мм на расстоянии 0,211 от концевых нанесены штрихи.

С целью повышения точности концевых мер в случае использования их в качестве образцовых кроме классов

1. Допускаемые отклонения (в мкм) концевых мер¹

Номинальные значения длины концевых мер, мм	Класс точности					
	1		2		3	
	от номинального значения	от плоскостности	от номинального значения \pm	от плоскостности	от номинального значения \pm	от плоскостности
До 10	0,18	0,14	0,35	0,27	0,8	0,30
Св. 10 до 25	0,27	0,14	0,55	0,27	1,2	0,30
» 25 » 50	0,35	0,16	0,70	0,27	1,6	0,30
» 50 » 75	0,45	0,16	0,90	0,32	2,0	0,35
» 75 » 100	0,55	0,18	1,10	0,32	2,5	0,35
» 100 » 150	0,80	0,20	1,60	0,40	3,0	0,40
» 150 » 200	1,00	0,22	2,0	0,40	4,0	0,40
250	1,20	0,25	2,4	0,40	5,0	0,40
300	1,40	0,25	2,8	0,40	6,0	0,40
400	1,80	0,30	3,5	0,50	7,0	0,50
500	2,0	0,35	4,0	0,60	8,0	0,60
600	2,5	0,40	5,0	0,70	10,0	0,70
700	2,8	0,45	5,5	0,70	11,0	0,80
800	3,2	0,50	6,5	0,80	13,0	0,80
900	3,5	0,50	7,0	0,90	14,0	0,90
1000	4,0	0,60	8,0	1,00	16,0	1,00

¹ Для нормальных условий измерений.

точности установлены пять разрядов (1, 2, 3, 4, 5). Разряд концевых мер определяется точностью их аттестации, т. е. погрешностью действительного значения длины мер.

При учете в процессе измерения класса точности мер их размер принимается равным номинальному. При учете мер по разряду принимаются их действительные размеры, записанные в аттестате, что повышает точность измерения, но усложняет подсчеты.

Меры комплектуют в наборы. В зависимости от вида работ используется различное число мер, что и определяет выбор набора.

Наиболее широко применяют набор, состоящий из 112 концевых мер, с наибольшим размером меры 100 мм. В этом наборе имеются следующие меры: одна мера размером 1,005 мм; 51 мера размером 1—0,5 мм через 0,01 мм; пять мер размером 1,6—2 мм через 0,1 мм; одна мера размером 0,5 мм; 46 мер размером 2,5—25 мм через 0,5 мм и восемь мер размером 30—100 мм через 10 мм.

С помощью концевых мер можно составлять блоки мер различной длины, для чего несколько мер притирают друг к другу. Допускается применять блоки из двух, трех, но не более четырех мер. Блок притертых мер не рассыпается, так как их поверхности сцепляются между собой. Силы сцепления двух мер достигают большой величины и разъединить их можно, только сдвигая одну меру по другой.

Для расширения области применения концевые меры часто используют со специальными принадлежностями: боковиками, державками, основанием, лекальной линейкой. Принадлежности предназначены для закрепления концевых мер, набранных в блоки, и поставляются в специальных футлярах наборами: измерительный малый (две державки для крепления концевых мер и блоков длиной 0—80 и 60—160 мм и три пары радиусных боковиков высотой 2,5 и 10 мм), измерительный полный (дополнительно включены: державка для блоков 160—320 мм, два радиусных боковика высотой 15 мм, два плоскопараллельных боковика и трехгранная линейка длиной 200 мм), разметочный (основание, центровой и чертильный боковики), специальный (для мер с отверстиями и состоящей из пяти стяжек и двух сухарей).

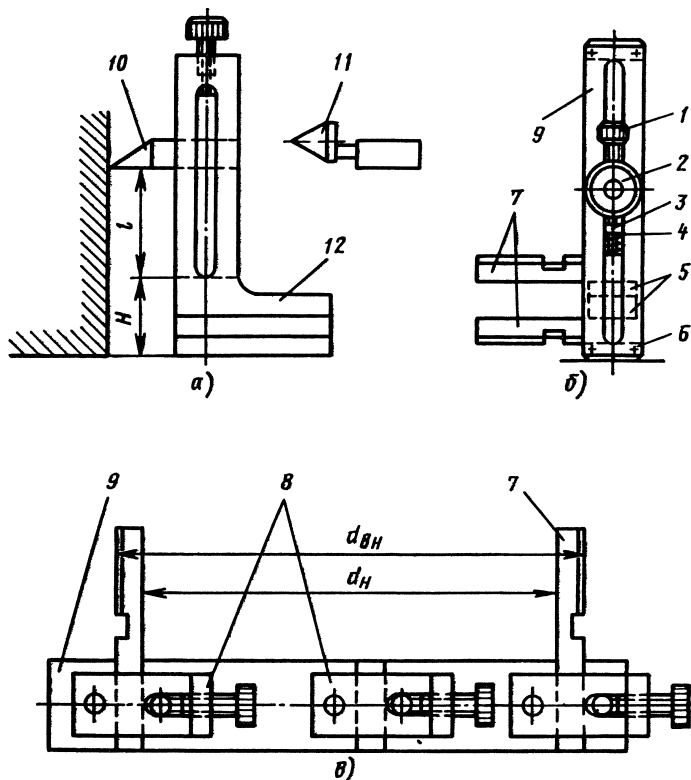


Рис. 3. Принадлежности к плоскопараллельным концевым мерам:
 а — комплект для разметочных работ; б — державка для мер длиной $l < 100$ мм;
 в — державка для мер длиной $l > 100$ мм

Наборы принадлежностей (рис. 3) к плоскопараллельным концевым мерам выпускают по ГОСТ 4119—76 следующих типов: ПК-1; ПК-1; ПК-2 и ПК-3.

Притертый блок 5 концевых мер с боковиками 7 вставляется в державку 9. Между блоком 5 и планкой 3 устанавливают стабилизатор 4. Зажимной узел гайкой 2 подводят к боковикам 7 и фиксируют его, затем зажимают винтом 1. При этом в нижний боковик 7 должен упираться вкладыш 6 державки 9, а сила зажима должна составлять не менее 350 Н. Для разметочных ра-

2. Технические характеристики плоских опорных стеклянных пластин

Тип	Размеры, мм		Допускаемые отклонения от плоскостности, мкм, не более				Шероховатость поверхностей, мкм		Масса, кг
	Высота	Диаметр	всей рабочей поверхности		местных рабочих поверхностей		Rz торцовых	Ра боковых	
			Для пластин класса точности						
			1	2	1	2			
ПИ60 ПИ80	20±2 25±2	60±2 80±2	0,03	0,09					0,143 0,253
ПИ100 ПИ120	25±2 30±2	100±2 120±2	0,06	0,12	0,15	0,03	0,05	2,5	0,395 0,569

бот в комплект принадлежностей входят основание 12, на котором крепятся державка 9 и чертильные боковики 10 и 11. Для крепления блоков, включающих концевые меры размером более 100 мм, при проверке и разметке размеров 320—1500 мм применяют наборы принадлежностей со специальной державкой 9 мод. 168, в которые входят специальные стяжки и зажимные сухари 8.

Для создания образцов просвета с применением блоков используют стеклянные пластины (табл. 2).

Угловые призматические меры (рис. 4) изготовляют по ГОСТ 2875—75 для поверки и настройки угломерных приборов, а также для непосредственного контроля углов точно изготовленных изделий. Угловые меры так же, как и плоскопараллельные концевые меры, можно собирать в блоки, поэтому их поставляют наборами № 1—7. Набор № 8 содержит принадлежности для сборки мер и специальную линейку.

Штриховые меры. К измерительным средствам этого типа относят брусковые однозначные и многозначные штриховые меры, а также получившие более широкое распространение при монтаже измерительные линейки, рулетки, мерные ленты, металлические и деревянные складные метры.

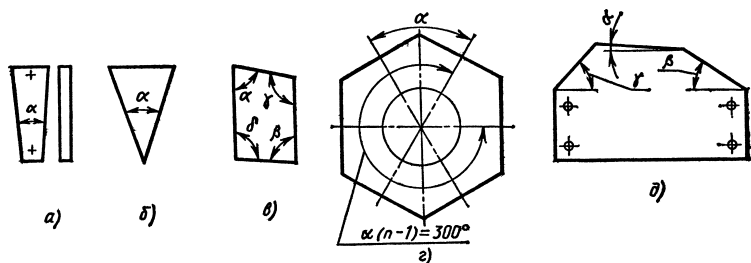


Рис. 4. Угловые призматические меры:

a — тип 1, с одним рабочим углом α со срезанной вершиной; *b* — тип 2, с одним рабочим углом α остроугольные; *c* — тип 3, с четырьмя рабочими углами α , β , γ , δ ; *d* — тип 4, многогранные с равномерным угловым шагом; *e* — тип 5, с тремя рабочими углами

Штриховые брусковые меры длины по ГОСТ 12069—78 изготовляют четырех типов двух исполнений (однозначные и многозначные, рис. 5). Однозначные имеют два штриха, нанесенные по концам меры; многозначные имеют ряд штрихов, нанесенных через определенные интервалы (дециметровые, сантиметровые и миллиметровые) по всей длине меры или на отдельных ее участках.

Штриховые меры предназначены для непосредственного измерения линейных размеров, а также для использования в качестве шкал приборов, образцовых мер. Штриховые меры длины изготовляют различной длины (60—2000 м) из инвара, стали и оптического стекла. Точность брусковых мер характеризуется допускаемыми отклонениями их номинальной длины (расстояний между центрами штрихов) и регламентирована для шести классов точности (0—5). Мера длиной 2000 мм 0-го класса точности может иметь отклонения до 1,5 мкм, а мера той же длины 5-го класса точности — 80 мкм.

При предварительных грубых измерениях на монтаже широкое распространение получили *складные металлические и деревянные метры* (табл. 3), а при выполнении слесарных работ и при разметке — *измерительные металлические линейки* (табл. 4).

Рулетки предназначены для контроля заготовок больших размеров с невысокой точностью. В процессе монтажа их применяют для измерения заготовок металлопроката и труб, размеров фундаментов и несущих строи-

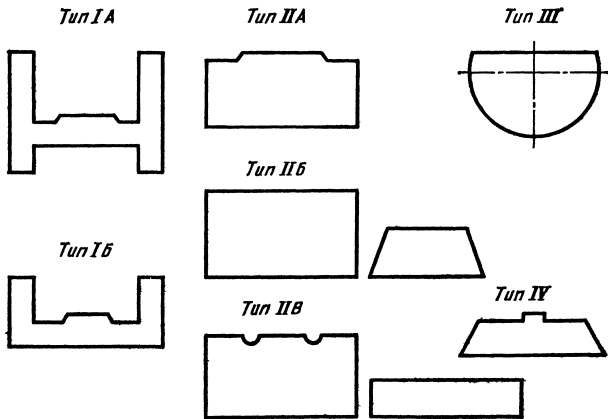


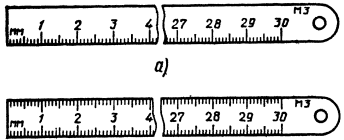
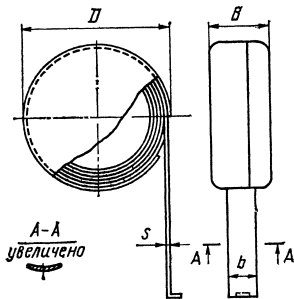
Рис. 5. Брусковые штриховые меры длины

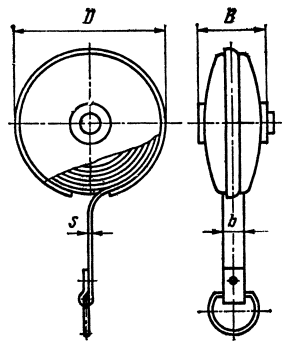
тельных конструкций при их приемке, для контроля расположения осей фундаментов, фундаментных болтов, расположения элементов оборудования при его установке в проектное положение. Металлические рулетки изготовляют по ГОСТ 7502—80, а их поверку осуществляют по ГОСТ 8.301—78. Срок службы рулеток, изготовленных из коррозионно-стойкой стали установлен не менее двух лет, а для рулеток из углеродистой стали — один год.

3. Технические характеристики складных метров

Параметры	Метры складные	
	металлические	деревянные
Шкала:		
длина, мм	1000	1000
допускаемые отклонения, мм:		
дециметровая	±0,5	±0,8
сантиметровая	±0,3	±0,5
миллиметровая	±0,2	±0,2
от любого штриха до концов метра	±1,0	±1,5
Размеры пластин, мм:		
ширина	10—12	16
толщина	0,4—0,6	2,5
длина	150—250	208±1,0
Масса, кг, не более	0,6	0,5

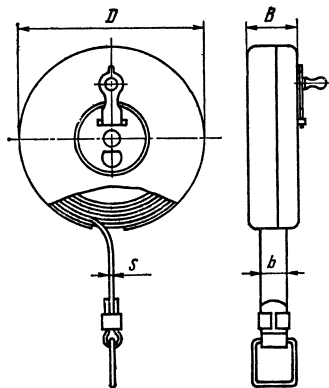
4. Технические характеристики линейек и рулеток

Наименование и эскизы	Параметры и значения																																					
<p>Измерительные металлические линейки</p>  <p>а) — одношкальная; б) — двухшкальная</p>	<p>Шкала:</p> <table border="1" data-bbox="718 253 1486 461"> <tr> <td>длина, мм</td> <td>150</td> <td>300</td> <td>500</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>допускаемые отклонения, мм</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> <td>0,15</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>цена деления, мм</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>число</td> <td>одна или две</td> <td>одна или две</td> <td>одна</td> <td>одна</td> </tr> <tr> <td>Масса линейки, кг</td> <td>0,015</td> <td>0,03</td> <td>0,05</td> <td>0,3</td> </tr> </table>					длина, мм	150	300	500	1000	допускаемые отклонения, мм	0,1	0,1	0,15	0,2	цена деления, мм		1			число	одна или две	одна или две	одна	одна	Масса линейки, кг	0,015	0,03	0,05	0,3								
длина, мм	150	300	500	1000																																		
допускаемые отклонения, мм	0,1	0,1	0,15	0,2																																		
цена деления, мм		1																																				
число	одна или две	одна или две	одна	одна																																		
Масса линейки, кг	0,015	0,03	0,05	0,3																																		
<p>Рулетка в закрытом корпусе с выпуклой измерительной лентой (желобчатые)</p> 	<p>Шкала:</p> <table border="1" data-bbox="718 533 1412 885"> <tr> <td>длина, м</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>цена деления, мм:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> на первом дециметре</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td> на остальной части шкалы</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Размеры рулетки, мм:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> диаметр D</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td> толщина B</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Размеры ленты, мм:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> ширина b</td> <td colspan="2">$(14 \div 16) \pm 0,3$</td> </tr> <tr> <td> толщина s</td> <td colspan="2">$(0,14 \div 0,20) \pm 10\%$</td> </tr> <tr> <td>Класс точности</td> <td colspan="2">3</td> </tr> </table>					длина, м	1	2	цена деления, мм:			на первом дециметре	1		на остальной части шкалы	1		Размеры рулетки, мм:			диаметр D	45	60	толщина B	20	20	Размеры ленты, мм:			ширина b	$(14 \div 16) \pm 0,3$		толщина s	$(0,14 \div 0,20) \pm 10\%$		Класс точности	3	
длина, м	1	2																																				
цена деления, мм:																																						
на первом дециметре	1																																					
на остальной части шкалы	1																																					
Размеры рулетки, мм:																																						
диаметр D	45	60																																				
толщина B	20	20																																				
Размеры ленты, мм:																																						
ширина b	$(14 \div 16) \pm 0,3$																																					
толщина s	$(0,14 \div 0,20) \pm 10\%$																																					
Класс точности	3																																					
<p>Самосвертывающаяся рулетка в закрытом корпусе</p>	<p>Шкала:</p> <table border="1" data-bbox="718 958 1412 989"> <tr> <td>длина, м</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> </table>					длина, м	1	2																														
длина, м	1	2																																				

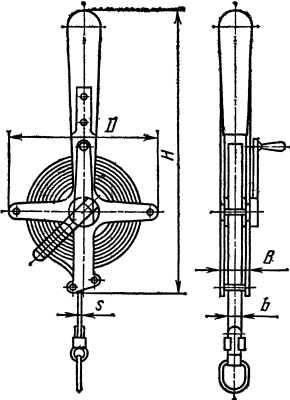


цена деления, мм:		
на первом дециметре		1
на остальной части		1
Размеры рулетки, мм:		
диаметр D	45	60
ширина B	16	20
Размеры ленты, мм		
ширина b		$(7 \div 10) \pm 3$
толщина s		$(0,14 \div 0,20) \pm 10\%$
Класс точности		3

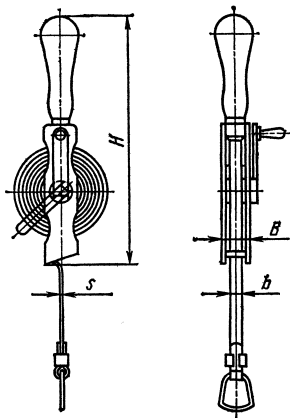
Рулетка в закрытом корпусе с плоской измерительной лентой



Шкала:						
длина, мм	2	5	10	20	30	50
цена деления, мм:						
на первом дециметре				1		
на остальной части				1 или 10		
Размеры рулетки, мм:						
диаметр D	60	65	75	100	120	140
ширина B	18	18	20	20	20	20
Размеры ленты, мм:						
ширина b					$(10 \div 12) \pm 0,3$	
толщина s					$(0,16 \div 0,22) \pm 10\%$	
Класс точности					2 или 3	

Наименование и эскиз	Параметр и значение		
<p data-bbox="144 288 711 319">Рулетка в открытом корпусе на крестовине</p> 	<p data-bbox="777 274 876 305">Шкала:</p> <p data-bbox="807 315 1562 347">длина, м 50 75 100</p> <p data-bbox="807 357 1432 502">цена деления, мм: на первом дециметре 1 на остальной части 1 или 10</p> <p data-bbox="777 528 1067 559">Размеры рулетки, мм:</p> <p data-bbox="807 569 1562 600">диаметр D 175 210 240</p> <p data-bbox="807 611 1562 642">ширина B 25</p> <p data-bbox="807 652 1562 683">высота H 300 330 350</p> <p data-bbox="777 714 1041 745">Размеры ленты, мм:</p> <p data-bbox="807 756 1466 787">ширина b $(10 \div 12) \pm 0,3$</p> <p data-bbox="807 797 1492 828">толщина s $(0,20 \div 0,26) \pm 10\%$</p> <p data-bbox="777 854 1423 885">Класс точности 2 или 3</p>		

Рулетка в открытом корпусе на вилке



Шкала:

длина, мм	20	30	50
цена деления, мм:			
на первом дециметре		1	
на остальной части		1 или 10	

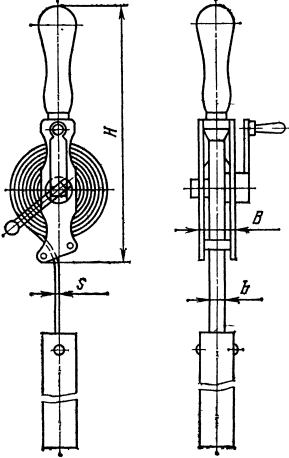
Размеры рулетки, мм:

ширина B		25	
высота H	260	280	300

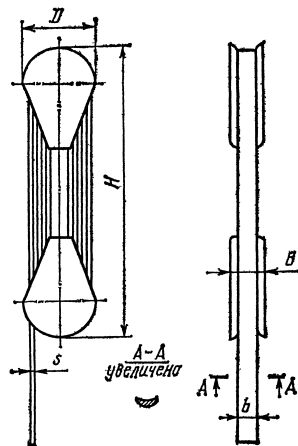
Размеры ленты, мм:

ширина b		$(10 \div 12) \pm 0,3$	
толщина s		$(0,20 \div 0,26) \pm 10\%$	

Класс точности		2 или 3	
--------------------------	--	---------	--

Наименование и эскиз	Параметр и значение			
<p data-bbox="114 239 589 265">Рулетка в открытом корпусе с грузом</p> 	<p data-bbox="727 223 824 249">Шкала:</p> <p data-bbox="754 275 1496 301">длина, м 10 20 30 50</p> <p data-bbox="754 327 987 353">цена деления, мм:</p> <p data-bbox="781 368 1300 394">на первом дециметре 1</p> <p data-bbox="781 420 1300 446">на остальной части 1</p> <p data-bbox="727 472 1009 498">Размеры рулетки, мм:</p> <p data-bbox="754 524 1505 550">высота <i>H</i> 225 260 280 300</p> <p data-bbox="754 576 1312 601">ширина <i>B</i> 25</p> <p data-bbox="727 627 984 653">Размеры ленты, мм:</p> <p data-bbox="754 679 1387 705">ширина <i>b</i> $(10 \div 12) \pm 0,3$</p> <p data-bbox="754 731 1404 757">толщина <i>s</i> $(0,20 \div 0,26) \pm 10$</p> <p data-bbox="727 783 1300 809">Класс точности 3</p> <p data-bbox="727 835 1345 860">Масса груза, кг $2,0 \pm 0,2$</p>			

Горная желобчатая рулетка



Шкала:

длина, м	20	30	40
цена деления, мм . .		100	

Размеры рулетки, мм:

диаметр D	80
ширина B	500
высота H	300

Размеры ленты, мм:

ширина b	$20 \pm 0,3$
толщина s	$(0,25 \div 0,30) \pm 10\%$

Класс точности 3

Варианты исполнения рулеток и их условное обозначение приведены в табл. 5, а допускаемые отклонения действительной длины рулеток с плоскими лентами — в табл. 6.

Для повышения точности измерений рулетки компарируют, т. е. с более высокой точностью, чем нанесены штрихи, определяют длину отдельных интервалов, а с помощью специальных динамометров осуществляют контроль натяжения ленты.

К **штрихоконцевым мерам** длины относят мерные проволоки, которые используют для измерений больших расстояний при приемке строительной части промышленных объектов перед началом монтажа и геодезической основы, проверке точности разметки монтажных осей и конструкций. *Инварные* и *стальные мерные проволоки* имеют длину 24 м и более и шкалы длиной 80—100 мм по концам. Проволоку натягивают с помощью грузов и блочных станков. Подвеску грузов осуществляют с одной или двух сторон. Средняя квадратическая погрешность измерений с помощью мерных проволок на длине 24 м составляет 40 мкм. Для повышения точности отсчета применяют телескопические лупы ЛПШ-474, монокулярные лупы ЛМ, а также бинокулярный микроскоп типа БМ2.

Для измерений с помощью мерных проволок промышленность выпускает *базисный прибор БП-2М*, в комплект которого входят четыре проволоки длиной по 24 м с гладкой полированной поверхностью и инварная рулетка. К концам проволок прикреплены инварные шкалы с миллиметровыми делениями. Прибор укомплектован блоками, грузами, блочными станками и двумя лотоаппаратами, которые служат для вынесения точек начала и конца базиса в плоскость измерения.

С применением мерных проволок для измерений длин и расстояний созданы специальные приборы.

Длиномер АД1М имеет следующую техническую характеристику:

Оптимальные пределы измерения расстояний, м	50—500
Предельная относительная погрешность измерения при натяжении проволоки:	
гирей	1 : 10 000
динамометром	1 : 5 000
Диаметр проволоки, мм	0,8
Вместимость бобины, м	500
Масса комплекта, кг	28

5. Варианты исполнения металлических рулеток и их условное обозначение

Параметр	Вариант исполнения	Обозначение варианта исполнения	Порядок расположения индекса в условном обозначении рулетки
Тип рулетки	В открытом корпусе	О	1
	В закрытом корпусе	З	
Профиль поперечного сечения ленты	Плоский	П	2
	Выпуклый (желобчатый)	В	
Тип вытяжного конца ленты	С кольцом	К	3
	С держателем	Д	
	С грузом	Г	
	С прямоугольным торцом	С	
Класс точности нанесения шкалы	2	2	4
	3	3	
Длина ленты	Длина, м:		5
	1	1	
	2	2	
	3	3	
	5	5	
	10	10	
	20	20	
	30	30	
	50	50	
75	75		
100	100		
Положение начала шкалы относительно измерительной ленты	Удалено от торца	А	6
	Совпадает с торцом	Б	

Продолжение табл. 5

Параметр	Вариант исполнения	Обозначение варианта исполнения	Порядок расположения индекса в условном обозначении рулетки
Материал ленты	Коррозионно-стойкая сталь	Н	7
	Углеродистая сталь с защитным покрытием	У	
Штрихи шкал	Травление	Т	8
	Печатные	П	
Интервал шкал	Миллиметровые	1	9
	Сантиметровые	10	

6. Допускаемые отклонения (\pm , мм) действительной длины рулеток с плоскими лентами

Шкала	Класс точности	
	2	3
Шкала:		
миллиметровая	0,15	0,20
сантиметровая	0,20	0,30
дециметровая и метровая	0,30	0,40
Отрезок длиной более 1 м	$0,30 + 0,15(n-1)$	$0,40 + 0,20(n-1)$
Вся при длине рулетки, м:		
1	0,3	0,4
2	0,45	0,6
3	0,60	0,8
5	0,9	2,0
10	1,65	2,2
20	3,15	4,2
30	4,65	6,2
50	7,65	10,2
75	11,4	15,2
100	15,15	20,2

Примечания: 1. n — число полных и неполных метров в отрезке. 2. Допускаемые отклонения даны для рулеток, натянутых на горизонтальном столе при температуре $20^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$ и натяжении лент: $9,8H$ для рулеток длиной 1, 2, 3 и 5 м; $49H$ — для рулеток длиной 10 и 20 м; $98H$ — для рулеток длиной 30 м и более.

Дистанционный проволочный длиномер ДПД-2 применяют для измерения крупногабаритных деталей и расстояний до 30 м. Измерения проводят путем сравнения расстояния между контрольными штрихами (рисками) на измеряемых деталях с длиной штриховой меры (инварной проволоки или ленты). При этом две зрительные трубы, например, нивелира последовательно наводят на штрихи шкалы и контрольные риски. Проволоку или ленту натягивают грузами.

3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

В качестве измерительного инструмента при монтаже используют поверочные линейки, плиты и призмы, а также шаблоны, щупы, а иногда и специальные калибры.

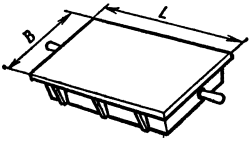
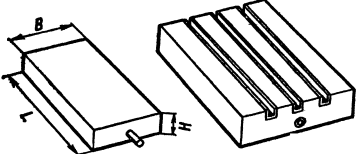
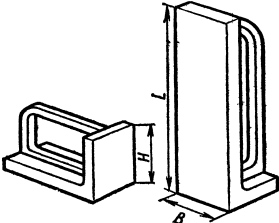
Поверочный инструмент. При измерениях отклонений формы и расположения поверхностей в качестве базы отсчета, а также при разметке используют линейки, плиты, угольники и призмы.

Поверочные и разметочные плиты (табл. 7) применяют для проверки отклонений от плоскостности по методу «пятен на краску» и «линейных отклонений» для использования в качестве эталонной отсчетной поверхности, а также как вспомогательного приспособления при поверочных и контрольных работах. Плиты изготовляют из серого чугуна, а для увеличения жесткости их основания выполняют ребристыми. У плит размером 630×630 мм и менее на основании предусматривают три опорных точки, а у других плит — не менее пяти. Плиты размером свыше 1000×630 мм имеют регулируемые винтовые опоры. Плиты классов точности 00, 0, 1 и 2 применяют для проверки отклонений от плоскостности, а класса 3 — при разметочных работах. Пример условного обозначения плиты 1-го класса точности размером 1600×1000 исполнения 2: *Плита 2—1—1600×1000 ГОСТ 10905—86.*

Поверочные и разметочные плиты из твердокаменных пород (гранита, диабаз и др.) имеют большой срок службы, отличаются антикоррозионностью и повышенной твердостью, не подвержены короблению и не нуждаются в размагничивании.

Трехкоординатные каменные плиты имеют на рабочих поверхностях несколько рядов отверстий различного диа-

7. Типоразмеры поверочных и разметочных плит

Плиты	Размеры, мм	Класс точности
Поверочный и разметочные (чугунные) по ГОСТ 10905—86 	$L \times B$ <hr/> 160×160 250×250 400×250 400×400 630×400 630×630 1000×630 1000×1000 1600×1000 <hr/> 2000×1000 2500×1600	00; 0; 1; 2 00; 0; 1; 2; 3 1; 2; 3
Поверочные и разметочные из твердых пород по ТУ 2-034-802—74 	$L \times B \times H$ 250×250×90 400×250×110 400×400×110 630×400×110 630×630×110 1000×630×170 1600×1000×250 2000×1000×250	00; 0; 1
Поверочные угловые типа ПУ по ТУ 2-034-801—75 	$L \times B \times H$ <hr/> 250×160×100 <hr/> 360×200×125 500×250×160	0; 1; 2 1; 2

метра, перпендикулярных граням плиты. В отверстия можно устанавливать различные оправки и приспособления, позволяющие измерять различные параметры.

Плиты из твердокаменных пород могут иметь три исполнения:

а) без бортовых захватов с ненормированными отклонениями от перпендикулярности боковых и рабочих поверхностей и от перпендикулярности боковых поверхностей;

б) с двумя бортовым захватами и нормированными отклонениями от перпендикулярности двух боковых поверхностей к рабочей;

в) с четырьмя бортовыми захватами и нормированными отклонениями от перпендикулярности четырех боковых поверхностей к рабочей поверхности и от взаимной перпендикулярности боковых поверхностей по одному из углов плиты.

Пример обозначения плиты 0-го класса точности из твердокаменных пород размером 1000×630 исполнения в: Плита — в — 0— 1000×630 ТУ 2-034-802—74.

Поверочные угловые плиты выпускают по ТУ 2-034-801—75 и применяют для проверки по методу «пятен на краску» перпендикулярных плоскостей. Эти плиты используют в качестве вспомогательного приспособления для контрольных, разметочных и слесарных работ. Плиты изготовляют из чугуна с шабровкой и

8. Допускаемые отклонения от плоскостности (в мкм) разметочных и поверочных плит

Размер плит, мм	Класс точности плит								
	исполнения 1 (с ручным шаб- рением)			исполнения 2 (с механической обработкой)			из твердокамен- ных пород		
	00	0	1	1	2	3	00	0	1
160×160	2,5	4	6	6	16	—	—	—	—
250×250	4	6	10	10	25	—	3	5	8
400×400	4	6	10	10	25	40	3	5	8
630×400	6	10	16	16	40	60	4	6	10
1000×630	6	10	16	16	40	60	5	8	12
1600×1000	10	16	25	25	60	100	6	10	16
2000×1000	—	—	25	25	60	100	6	12	20
2500×1600	—	—	25	25	60	100	—	—	—

нешаброванной рабочей поверхностью. Пример обозначения поверочной угловой плиты 2-го класса точности размером $360 \times 200 \times 125$: Плита П-2 ТУ 2-034-801—75.

Допускаемые отклонения от плоскостности разметочных и поверочных плит приведены в табл. 8, а угловых поверочных плит — в табл. 9.

Поверочные линейки (табл. 10) применяют при контроле отклонений формы и расположения обработанных поверхностей монтируемого оборудования и его узлов, используя методы контроля «на просвет» и на «на краску», а также метод линейных отклонений. В этих методах поверхность линейки материализует прилегающую плоскость или линию. Для контроля на просвет применяют лекальные линейки типа ЛД, ЛТ и ЛЧ, а для контроля методом линейных отклонений и на краску — поверочные линейки типа ШП, ШПХ, ШП.ТХ, ШД, ШМ, ШМ.ТС, УТ.

При контроле на просвет используют метод сравнения с образцом просвета между поверхностью лекальной ли-

9. Допускаемые отклонения угловых поверочных плит

Типоразмер	Класс точности	Отклонения, мкм		
		от перпендикулярности рабочих поверхностей	от плоскости рабочих поверхностей	от перпендикулярности боковых и рабочих поверхностей на длине 100 мм
П-1	0	10	3	100
	1	20	7	100
	2	40	14	250
П-2	0	12	4	100
	1	25	8	160
	2	50	16	320
П-3	0	16	5	250
	1	32	10	250
	2	60	20	400

нейки и плоскопараллельными концевыми мерами различного размера, притертыми к стеклянным пластинам. Погрешность измерения составляет примерно 2—3 мкм.

При контроле по методу линейных отклонений поверочную линейку с широкой рабочей поверхностью типа ШП, ШД или ШМ укладывают на две одинаковые опоры. Расстояние от линейки до поверяемой поверхности определяют с помощью плоскопараллельных мер, щупом или измерительной головкой, закрепленной в специальном штативе.

При измерении отклонений поверхностей от заданного расположения часто применяют поверочные линейки в сочетании с брусковыми уровнями. Поверочную линейку устанавливают на выверяемые узлы оборудования и по показанию уровня судят об их расположении. Для установки уровней наиболее удобно использовать поверочные лекальные линейки Л и линейки с шириной рабочей поверхностью ШД, ШП.ТК, ШМ и ШМ.ТК при ширине грани не менее 20 мм.

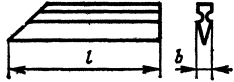
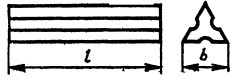
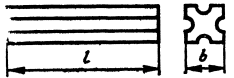
При измерениях учитывают погрешности изготовления линеек (табл. 11 и 12), а при установке линеек на опоры — величину прогиба (табл. 13).

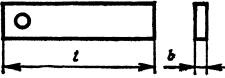
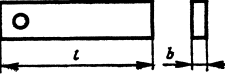
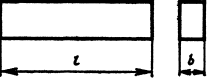
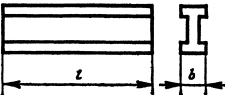
Угольники применяют для контроля отклонений от перпендикулярности расположения поверхностей деталей при выполнении сборочных и слесарных работ, а также при разметке (табл. 14). Для контроля на просвет применяют поверочные лекальные угольники, их же можно применять и при контроле на слой краски. Слесарные плоские и поверочные слесарные угольники с широким основанием применяют и для разметки.



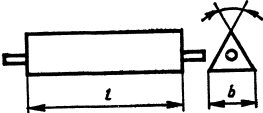
Поверочные и разметочные призмы предназначены для разметки и установки деталей цилиндрической формы при контрольных операциях (табл. 15).

Щупы применяют при выверке технологического оборудования, сборке и регулировке его узлов для проверки зазоров между различными поверхностями. Щупы выпускают 1-го и 2-го классов точности по ГОСТ 882—75 с толщиной пластин 0,02—0,1 мм с градацией через 0,01 мм и с толщиной пластин 0,15—1,0 мм с градацией через 0,05 мм. Пластины щупов изготавливают из стальной ленты. Допустимая желобчатость 4—7 мкм щупов 1-го класса точности, 6—12 мкм щупов 2-го класса точности.

10. Поверочные линейки

Тип линейки	Обозначение	Эскиз	Размеры, мм		Класс точности	Преимущественный метод проверки изделий	Пример условного обозначения
			l	b			
Лекальные С двусторонним скосом	ЛД		80 125 200 320 500	6 6 8 8 10	0; 1	Метод световой щели (на просвет)	Линейки 0-го класса точности длиной 200 мм: <i>Линейка ЛД-0-200</i> ГОСТ 8026—75
Трехгранные	ЛТ		200 320 500	26 30 40	0; 1		Линейки 1-го класса точности длиной 500 мм: <i>Линейка ЛТ-1-500</i> ГОСТ 8026—75
Четырехгранные	ЛЧ		200 320 500	20 25 35	0; 1		Линейки 1-го класса точности, длиной 320 мм: <i>Линейка ЛЧ-1-320</i> ГОСТ 8026—75

С широкой рабочей поверхностью Прямоугольного сечения	ШП		250 400 630	5 6 10	0; 1; 2	Метод линейных отклонений. Метод «на краску».	Линейки 1-го класса точности длиной 630 мм: <i>Линейка ШП-1-630</i> ГОСТ 8026—75
Прямоугольного сечения хромированные	ШПХ		250 400 630	5 6 10	1; 2	Применение для материализации прилегающей прямой или плоскости при контроле расположения	Линейки 1-го класса точности длиной 400 мм: <i>Линейка ШПХ-1-400</i> ГОСТ 8026—75
Прямоугольного сечения из твердых каменных пород	ШПТК		400	20	0; 1	при контроле расположения	Линейки 0-го класса точности длиной 400 мм: <i>Линейка ШП.ТК-0-400</i> ТУ 2-034-816—81
Двухтаврового сечения	ШД		630 1000 1600 2000 2500 3000 4000	14 16 18 18 20 20 30	0; 1 и 2 1; 2		Линейки 2-го класса точности длиной 3000 мм: <i>Линейка ШД-2-3000</i> ГОСТ 8026—75

Тип линейки	Обозначение	Эскиз	Размеры, мм		Класс точности	Преимущества метод проверки изделий	Пример условного обозначения		
			<i>l</i>	<i>b</i>					
С широкой рабочей поверхностью Мостики	ШМ		400	50	0; 1; 2	Метод линейных отклонений. Метод «на краску». Применение для материализации прилегающей прямой или плоскости при контроле расположения	Линейки 2-го класса точности длиной 2500 мм: <i>Линейка ШМ-2-2500</i> <i>ГОСТ 8026—75</i>		
			630	50				1000	600
1600	80	2500	100	3000	110				
Мостики из твердых пород	ШМ.ТК		630	50			Линейки 0-го класса точности длиной 2000 мм: <i>Линейка ШМ.ТК-0-2000</i> <i>ТУ 2-034-816—81.</i>		
1000	80	1600	100	2500				150	
Угловые Трехгранные	УТ		400	α	0; 1; 2	Метод «на краску»	Линейки 1-го класса точности длиной 60° шабронные: <i>Линейка УТ-1-630-60-Ш</i> <i>ГОСТ 8026—75</i>		
630	равно 45°; 55°; 60°								

11. Допускаемые отклонения поверочных линейек

Длина линейек, мм	Класс точности линейек при отклонении, мкм							
	от плоскостности			от параллельности			от перпендикулярности	
	0	1	2	0	1	2	0	1 и 2
250	2,0	5	8	3	8	12	25	40
400	2,5 (2)	6 (5)	10	4	10	16		
630	4 (3)	10 (8)	16	6	16	25		
1000	4 (4)	10 (10)	16	6	16	25		
1600	6 (5)	16 (12)	25	10	20	40	30	
2000	(-7)	20 (14)	30	—	30	50	—	
2500	-(10)	25 (16)	40	—	30	60		
3000	—	30	50	—	50	80		
3000	—	40	60	—	50	100		
4000	—	40	60	—	50	100		

Примечание. В скобках указаны отклонения для линейек из твердокаменных пород.

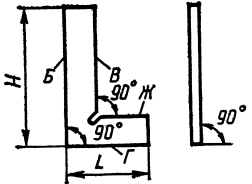
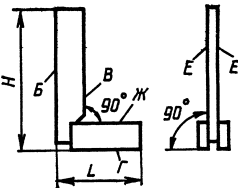
12. Отклонения от прямолинейности (в мкм) рабочих поверхностей поверочных линейек

Длина линейек, мм	Класс точности		Длина линейек, мм	Класс точности	
	0	1		0	1
80	0,6	1,2	320	1,6	2,5
125	0,6	1,6	500	2,0	3,0
200	1,2	2,0			

13. Максимальный прогиб (в мкм) поверочных линейек

Длина линейек, мм	Тип линейек при опорах			
	на концах линейек		на расстоянии 0,21 длины линейек	
	ШП	ШД	ШП	ШД
630	2,5	2,3	0,05	0,02
1000	16	13	0,31	0,27
1600	—	45	—	1,0
2000	—	96	—	2,0
2500	—	138	—	4,0
3000	—	274	—	5,7
4000	—	750	—	14,0

14. Угольники

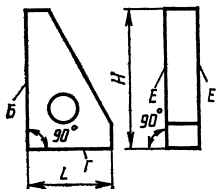
Угольники	Параметр																
<p>Слесарные плоские</p> 	<p>Размер $H \times L$, мм Класс точности Допускаемые отклонения, мкм:</p> <p>от перпендикулярности измерительных поверхностей B к $Ж$; B к $Г$ от плоскостности измерительных поверхностей B, B, $Г$ и $Ж$</p>	60×40 1 2		100×60 1 2		160×100 1 2		250×160 1 2		400×250 1 2							
		5	13	6	15	7	18	9	22	—	30						
		2	4	2	—	3	—	3	—	—	10						
	<p>Обозначение слесарного плоского угольника 1-го класса точности размером 250×160 мм: Угольник УП-250 ГОСТ 3749—77</p>																
<p>Поверочные слесарные с широким основанием</p> 	<p>Размер $H \times L$, мм Класс точности Допускаемые отклонения, мкм:</p> <p>от перпендикулярности измерительных поверхностей B и B к опорным поверхностям для классов точности: 0 1 2 от плоскостности</p>	60×40 0, 1, 2		100×60 ×60 0, 1, 2		160×100 ×100 0, 1, 2		250×160 ×160 0, 1, 2		400×250 ×250 0, 1, 2		630×400 ×400 1, 2		1000×630 ×630 1, 2		1600×1000 ×1000 2	
		2,5	3,0	3,5	4,5	6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		5,0	6,0	7,0	9,0	12,0	16,0	24,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		13,0	15,0	18,0	22,0	30,0	40,0	60,0	—	—	—	—	—	—	—	—	90,0

и прямолинейности измерительных поверхностей *Б* и *В* для классов точности:

0	1,0	1,0	1,5	1,5	2,5	—	—	—
1	2,0	2,0	3,0	3,0	5,0	6,0	10,0	—
2	4,0	4,0	6,0	6,0	10,0	12,0	20,0	30,0

Обозначение слесарного угольника с широким основанием 1-го класса точности размером 250×160: *Угольник УШ-1-250 ГОСТ 3749—77*

Поверочные с широким основанием из твердокаменных пород типа УШ.ТК



Размер $H \times L$, мм

Класс точности

Допускаемые отклонения, мкм:

от перпендикулярности измерительных поверхностей *Б* и *Г*

от плоскостности поверхностей: измерительных опорных *Б*, *Г* и *Е*

Материал

250×160

400×250

0

1

0

1

3,8

8,0

5,0

11,0

1,2

3,0

2,0

4,0

1,6

4,0

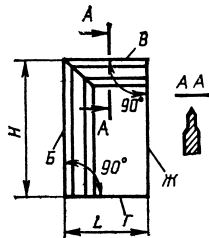
3,0

6,0

Гранит черный или серый, диабаз, габбро

Обозначение угольника с широким основанием из твердокаменных пород 0-го класса точности высотой 400 мм: *Угольник УЖ.ТК 0-400 ТУ 2-034-804—82*

Лекальные поверочные типа УЛ



Размер $H \times L$, мм

Толщина, мм

Класс точности

Допускаемые отклонения, мкм:

от перпендикулярности измерительных поверхностей *Б* и *В* к опорным поверхностям *Г* и *Ж*

от прямолинейности

Обозначение лекального угольника 0-го класса точности размером 100××600:

Угольник УЛ-0-100 ГОСТ 3749—77

60×40

100×60

160×100

16

20

25

0

1

0

1

0

1

2,0

5,0

2,0

6,0

3,5

7,0

1,0

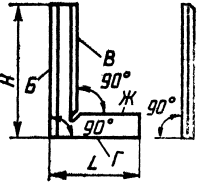
2,0

1,0

2,0

1,5

3,0

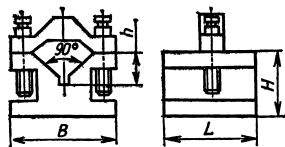
Угольники	Параметр								
<p data-bbox="92 339 495 391">Поверочные лекальные плоские типа УЛП</p> 	Размер $H \times L$, мм	60×40		100×60		160×100		250×160	
	Класс точности	0	1	0	1	0	1	0	1
	Допускаемые отклонения, мкм:								
	от перпендикулярности измерительных поверхностей B и B к опорным поверхностям Γ и \mathcal{K}	2,5	5,0	3,0	6,0	3,5	7,0	4,5	9,0
	от плоскостности и прямолинейности поверхностей:								
	измерительных	1,0	2,0	1,0	2,0	1,5	2,0	1,5	3,0
опорных	1,5	2,5	1,5	2,5	2,0	4,0	2,0	4,0	
от параллельности опорных поверхностей	2,5	5,0	3,5	6,0	3,5	7,0	4,5	9,0	
<p data-bbox="560 855 1509 907">Обозначение лекального плоского угольника 0-го класса точности размером 160×100 мм: Угольник УЛП-0-160 ГОСТ 3749—77</p>									

15. Призмы

Призмы поверочные и разметочные

Параметр

С одной призматической выемкой и накладкой типа П1



Типоразмер

П1-1

П1-2

П1-3

П1-4

Размеры, мм:

B

35

60

105

150

L

40

60

100

100

H

30

50

80

100

h

6

14

30

50

Диаметр устанавливаемых изделий, мм

3—15

5—30

8—70

12—110

Допускаемые отклонения от параллельности выемок основанию и боковым граням (мкм) по классам точности:

0

2,5

2,5

4,0

4

1

4

4

7

7

2

8

8

8

15

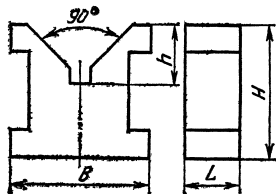
Обозначение призмы с одной призматической выемкой и накладкой размером 150×100×100 мм 1-го класса точности: *Призма П1-4-1 ГОСТ 5641—82*

Призмы поверочные и разметочные	Параметр								
С четырьмя призматическими выемками типа П2	Типоразмер	П2-1		П2-2		П2-3		П2-4	
	Размеры $B \times L \times H$, мм	100× ×60× ×90		150× ×80× ×135		200× ×100× ×180		300×125× ×270	
	Размеры выемок, мм:								
	h_1	32	50		60		110		
	h_2	25	32		50		80		
	h_3	20	25		32		60		
	h_4	16	20		25		50		
Класс точности	1	2	1	2	1	2	1	2	
Допускаемые отклонения, мм:									
от параллельности выемок основанию и боковым граням и от симметричности расположения выемок	10	20	15	25	15	25	20	30	
от перпендикулярности боковых граней призм	15	20	20	25	20	25	25	30	
от разности расстояния выемок двух призм одного комплекта	12	15	20	30	20	30	20	80	
Обозначение призмы с четырьмя призматическими выемками размером $100 \times 60 \times 30$ мм 2-го класса точности: <i>Призма П2-1-2 ГОСТ 5641—82</i>									

Призмы поверочные и разметочные

Параметр

С одной призматической выемкой типа ПЗ



Типоразмеры

ПЗ-1

ПЗ-2

Размеры призмы $B \times L \times H$, мм

200×100×125

300×125×180

Размер выемки h , мм

60

110

Диаметр устанавливаемых изделий, мм

20—160

32—300

Класс точности

0

1

2

0

1

2

Допускаемые отклонения, мкм:

от параллельности выемок основанию и боковым граням . . .

4

8

15

5

10

20

от перпендикулярности боковых граней основания

4

8

15

5

10

20

от разности расстояний выемок двух призм одного комплекта

5

10

20

6

12

25

Обозначение призмы типа ПЗ с одной призматической выемкой размером 200×100×125 мм 2-го класса точности: *Призма ПЗ-1-2 ГОСТ 5641-82*

Верхнее допускаемое отклонение толщины новых щупов 1-го класса точности 3—10 мкм, а щупов 2-го класса точности 5—16 мкм; нижнее допускаемое отклонение щупов 1-го класса точности $-3 \div -10$ мкм, а щупов 2-го класса точности $-5 \div -16$ мкм. Щупы длиной 100 мм поставляют наборами и отдельными пластинами, длиной 200 мм — отдельными пластинами (табл. 16). Пример условного обозначения набора щупов № 4: *Набор щупов № 4 ГОСТ 882—75.*

Шаблоны применяют при приемке, сборке, ревизии и ремонте оборудования. *Радиусные шаблоны* (ГОСТ 4126—82) используют для контроля формы выпуклых и вогнутых поверхностей с радиусами 1—25 мм. Выпуклые поверхности контролируют вогнутыми шаблонами и наоборот. Контроль проводят путем сопряжения шаблона с проверяемой поверхностью (по величине и равномерности просвета судят о качестве обработки). Изготавливают три набора радиусных шаблонов, в каждом из которых скомплектованы пластины для контроля как наружного, так и внутреннего размеров. Средний срок службы радиусных шаблонов два года. Пример условного обозначения радиусного шаблона № 1: *Радиусный шаблон РШ—1 ГОСТ 4126—82.*

Резьбовые шаблоны (ГОСТ 519—77) предназначены для определения профиля номинального шага метрической резьбы и числа ниток на один дюйм для дюймовых резьб при контроле с невысокой точностью. Резьбовые шаблоны комплектуют в наборы для метрической и дюймовой резьб (см. табл. 16). Дюймовый набор № 2 обозначают $D55^\circ$, а метрический № 1— $M60^\circ$. Пример условного обозначения: *Резьбовой шаблон $D55^\circ$ ГОСТ 519—77.*

Проволочки и ролики для измерения среднего диаметра резьбы выпускают (ГОСТ 2475—62) типа П-А размером 0,115—0,795 мм, типа П-Б размером 0,815—1,333 мм и типа П-В размером 1,432—4,980 мм.

Для контроля больших резьб и шлицевых соединений с эвольвентным профилем применяют ролики типа Ш размером 5,176—26,231 мм.

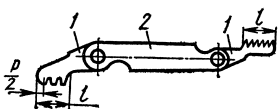
Отвесы применяют для задания вертикальной базы отсчета, для центрирования оптико-механических приборов над точкой, а также для вертикального проектирования точек и переноса осей. Отвес состоит из тонкой

16. Наборы щупов, радиусных и резьбовых шаблонов

Размеры, мм

*10

Наименование и эскиз	Параметр	Номер набора щупов			
		1	2	3	4
<p>Щупы по ГОСТ 882—75</p> <p>1 — щуп; 2 — обойма</p>	<p>Номинальная толщина щупа s</p> <p>Число щупов</p> <p>Размеры</p> <p>Масса, кг</p>	<p>0,02—0,1</p> <p>11</p> <p>6×12×112</p> <p>0,02</p>	<p>0,02—0,1</p> <p>17</p> <p>8,5×12×112</p> <p>0,04</p>	<p>0,55—1,0</p> <p>10</p> <p>13×12×112</p> <p>0,07</p>	<p>0,1—1,0</p> <p>10</p> <p>11×12×112</p> <p>0,05</p>
<p>Радиусные шаблоны по ГОСТ 4126—82</p> <p>1 — выпуклый шаблон; 2 — вогнутый шаблон; 3 — обойма</p>	<p>Номинальный радиус</p> <p>Число выпуклых и вогнутых шаблонов</p> <p>Размеры</p> <p>Масса, кг</p>	<p>1; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6</p> <p>По 9</p> <p>11×13×72</p> <p>0,048</p>	<p>8; 10; 12; 16; 20; 25</p> <p>По 6</p> <p>9×20×85</p> <p>0,058</p>	<p>7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25</p> <p>По 12</p> <p>12,5×20×85</p> <p>0,095</p>	

Наименование и эскиз	Параметр	Номер набора щупов			
		1	2	3	4
Резьбовые шаблоны по ГОСТ 519—77  1 — резьбовые шаблоны; 2 обойма; <i>l</i> — рабочий участок	Число шаблонов	20		17	
	Угол профиля резьбы, °	60		55	
	Шаг резьбы <i>P</i>	0,4; 0,45; 0,5; 0,6; 0,7; 0,75; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6		—	
	Число ниток на 1"	—		28; 24; 20; 19; 18; 16; 14; 12; 11; 10; 9; 8; 7; 6; 5; 4 ^{1/2} ; 4	
	Масса, кг	0,022		0,018	
	Размеры	10×13×65,75		10×13×65,75	
	Предельные отклонения от номинального шага резьбы	±0,10 ÷ ±0,015			

17. Технические характеристики стальных строительных отвесов

Типоразмер	D , мм (предельное отклонение $\pm 0,5$ мм)	L , мм (предельное отклонение ± 1 мм)	Масса, кг, не более	Длина шнура, м	Диаметр шнура, мм
ОТ50 ОТ100 ОТ200	18 18 18	39 64 144	0,05 0,1 0,2	3	1,8
ОТ400 ОТ600	30 30	98 132	0,4 0,6	5	
ОТ800 ОТ1000	30 38	165 144	0,8 0,8	7	3,0
ОТ1500	38	200	1,5	10	

нити с грузом. Конструкция груза может быть самой разнообразной; известны геодезические и маркшейдерские отвесы грузом, имеющим подсветку острия: отвесы с полым грузом, содержащим встроенную катушку для намотки нити и т. п. Амплитуда колебаний и искривление нити отвеса под действием потоков воздуха зависит от диаметра нити и массы груза, поэтому при монтаже оборудования применяют отвесы из тонкой проволоки. **Стальные строительные отвесы** (табл. 17) с трехрядными капроновыми шнурами стандартизованы (ГОСТ 7948—80) (рис. 6).

Струны при монтаже оборудования применяют для проверки точности разбивки осей, контроля отклонений формы поверхностей оборудования, расположения его узлов и дета-

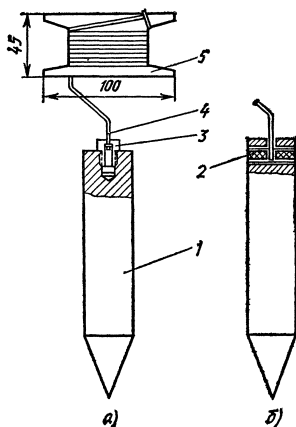


Рис. 6. Стальные строительные отвесы:

a — исполнение 1; b — исполнение 2; 1 — корпус; 2 — вставка; 3 — головка; 4 — шнур; 5 — планка

лей. В качестве струн применяют стальную проволоку, реже нити из капрона или нейлона. Наиболее целесообразно использовать в качестве струн стальную проволоку диаметром 0,2—0,4 мм. Проволока должна иметь большое временное сопротивление на разрыв и постоянный диаметр. Эффективно применять проволоку марки ОВС по ГОСТ 2771—81.

4. ПРИБОРЫ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Штангенприборы (штангенциркули, штангенрейсмасы, штангенглубиномеры, штангензубомеры) снабжены линейными шкалами, отсчет по которым проводится с помощью дополнительной шкалы — нониуса, служащего

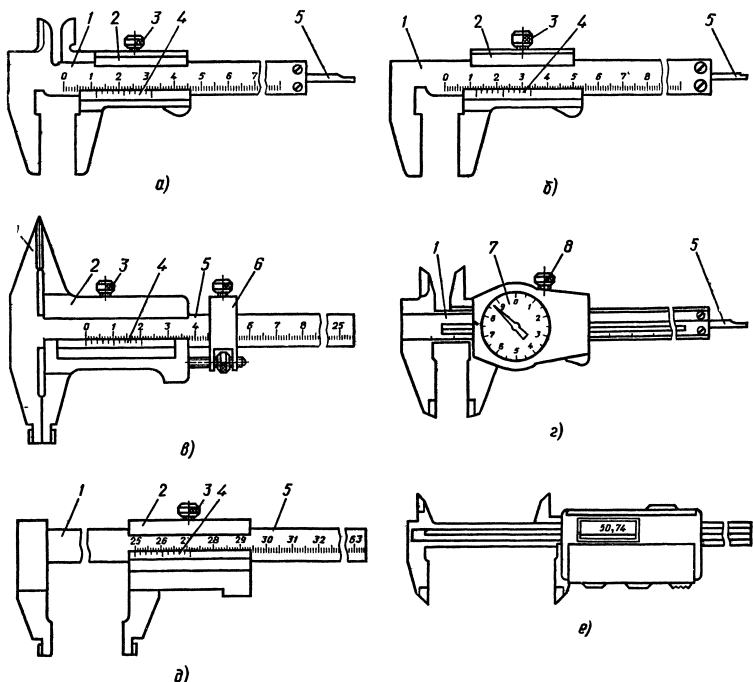


Рис. 7. Штангенциркули:

a — ШЦ-1; *б* — ШЦТ-1; *в* — ШЦ-11; *г* — ШЦ-124; *д* — ШЦ-111; *е* — с электронной цифровой индикацией: 1 — штанга; 2 — рамка; 3 — зажимной винт; 4 — нониус; 5 — глубиномер; 6 — узел микрометрической подачи; 7 — отсчетное устройство; 8 — стопор

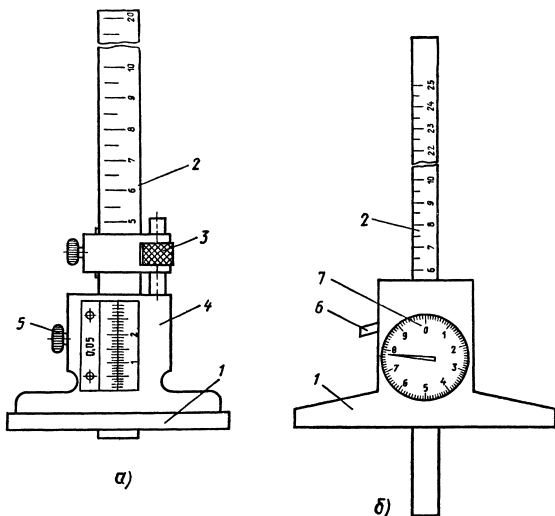


Рис. 8. Штангенглубиномеры:

а — ШГ; *б* — стрелочный мод. БВ-6232: 1 — основание; 2 — штанга; 3 — микрометрическая подача; 4 — рамка; 5 — зажимной винт; 6 — стопор; 7 — отсчетное устройство

для определения дробной части интервала деления основной шкалы (рис. 7 и табл. 18). Применяют штангенприборы со стрелочным отсчетом и с электронной цифровой индикацией (рис. 7, *е*).

К микрометрическим приборам относят микрометры, микрометрические нутромеры и глубиномеры.

Нутромеры — микрометрические концевые меры стержневого типа, широко распространены при измерениях больших размеров (до 10 000 мм, табл. 19, рис. 10).

Микрометры предусмотрены для измерения размеров не более 600 мм, хотя выпускаются отдельные приборы для измерения размеров до 2000 мм. При размерах 600—1000 мм для уменьшения массы корпуса микрометров изготовляют из листовой стали с отверстиями, а при размерах 1000—2000 мм — сварными из труб диаметром 20—30 мм.

Основные характеристики микрометров (рис. 11), применяемых при монтаже, приведены в табл. 20.

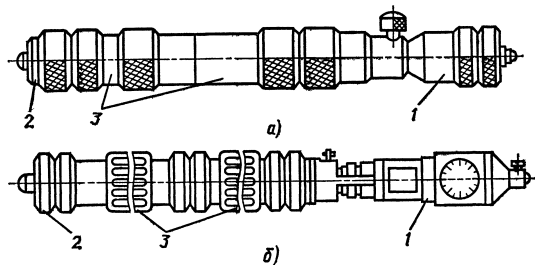
Скобы (рис. 12 и табл. 20) отличаются от микрометров наличием индикаторной головки и жесткой пятки либо индикаторной и микрометрической головок.

Инструмент	Диапазон измерения	Цена деления штанги	Величина отсчета по нониусу или отсчетному устройству	Допускаемая погрешность прибора	Вылет губок для измерения размеров		Краткая характеристика и назначение
					наружных	внутренних	
Штангенциркуль ШЦ-1 (рис. 7, а; ГОСТ 166—80)	0—125	1	0,1	$\pm 0,05$	35	16	С двусторонним расположением губок, с линейкой для измерения глубин
Штангенциркуль ШЦТ-1 (рис. 7, б; ГОСТ 166—80)	0—125	1	0,1	$\pm 0,06$ (1-й класс точности) $\pm 0,1$ (2-й класс точности)	40	—	Для применения в условиях повышенного износа. С односторонним расположением губок и линейкой для измерения глубин
Штангенциркуль ШЦ-II (рис. 7, в; ГОСТ 166—80)	0—160	1	0,05	$\pm 0,05$	45	—	С двусторонним расположением губок для измерения наружных и внутренних размеров и для разметки
			0,1	$\pm 0,06$			
	0—200		0,05	$\pm 0,05$	50	—	
			0,1	$\pm 0,07$			
	0—250		0,05	$\pm 0,05$	60	—	
			0,1	$\pm 0,1$			

Штангенциркуль со стрелочным отсчетом мод. 124 (рис. 7, з; ТУ 2-034-3011—83)	0—150	10	По шкале 0,1	$\pm 0,08$	35—40	16—17	С двусторонним расположением губок для измерения наружных и внутренних размеров и с линейкой для измерения глубин	
Штангенциркуль ШЦ-III (рис. 7, д; ГОСТ 166—80)	0—160	1	0,1	0,1 0,05	$\pm 0,07$ $\pm 0,05$	45	6	С односторонним расположением губок для наружных и внутренних размеров
	0—200			0,1 0,05	$\pm 0,08$ $\pm 0,05$	50	8	
	0—250			0,1 0,05	$\pm 0,08$ $\pm 0,05$	60	10	
	0—315 0—400			0,1	$\pm 0,08$ $\pm 0,9$	63		
	0—500 250—630 250—800 320—1000				$\pm 0,1$	80	15	
	500—1600 800—2000				$\pm 0,2$	100	20	
	По ТУ 2-034-803—74			1500—3000 2000—4000	$\pm 0,3$ $\pm 0,4$	150		
Штангенглубиномер ШГ (рис. 8, а; ГОСТ 162—80)	0—160, 0—200, 0—250, 0—315, 0—400	1	0,05	$\pm 0,05$	60	—	Для измерения размеров выемок. Основание с нониусом перемещается вдоль штанги	

Инструмент	Диапазон измерения	Цена деления штанги	Величина отсчета по нониусу или отсчетному устройству	Допускаемая погрешность прибора	Вылет губок для измерения размеров		Краткая характеристика и назначение
					наружных	внутренних	
Стрелочный штанген- глубиномер мод. БВ-6232 (рис. 8, б; ТУ 2-034-620—84)	0—250	5	0,05	$\pm 0,05$	60	—	Для измерения размеров выемок до 250 мм. Отсчетное устройство в виде индикатора часового типа
Штангенрейсмас ШР (рис. 9, а; ГОСТ 164—80)	0—250	1	0,05	$\pm 0,05$	50	—	Разметочная ножка оснащена вставкой из твердого сплава
	40—400 60—630				80		
	100—1000 600—1600			$\pm 0,1$	125		
	1500—2500			160			
Стрелочный штанген- рейсмас мод. БВ-6226 (рис. 9, б; ТУ 2-034-616—83)	0—250	5	0,05	$\pm 0,05$	50	—	Отсчетное устройство в виде индикатора часового типа. Разметочная ножка оснащена вставкой из твердого сплава

19. Микрометрические нутромеры типов НМ и НМИ (ГОСТ 10—75)



а — тип НМ

б — тип НМИ

1 — микрометрическая головка; 2 — измерительный наконечник; 3 — удлинители

Размеры, мм

Параметр	Тип						
	НМ-75	НМ-175	НМ-600	НМ-1250	НМ-2500	НМИ-4000	НМИ-6000
Диапазон измерения	50—75	75—175	75—600	150—1250	600—2500	1250—4000	2500—6000
Цена деления микрометрической головки	0,01						
Допускаемая погрешность микрометрической головки	±0,003		±0,004			±0,01	
Размеры установочных мер	63	75	150			350	
Допускаемая погрешность установочных мер	±0,0015		±0,003			±0,006	

20. Микromетры и скобы

Прибор	Диапазон измерений, мм	Отсчетное устройство		Цена деления шкалы барабана, мм	Допускаемая основная погрешность, мм	Измерительное усилие, сН	Колебание измерительного усилия, сН	Примечание
		Цена деления, мм	Диапазон измерений по шкале, мм					
Микromетр гладкий типа МК (рис. 11, а; ГОСТ 6507—78)	0—25	—	—	0,01	$\pm 0,002 (0,004) *$	500—900	200	Для измерений наружных размеров; диаметр измерительного конца микровинта 8 мм; микromетры выпускают 1-го и 2-го класса точности
	25—50 50—75 75—100				$\pm 0,0025 (0,004) *$			
	100—125 125—150 150—175 175—200				$\pm 0,003 (\pm 0,005) *$			
	200—225 225—250 250—275 275—300				$\pm 0,004 (0,006) *$			

	300—400 400—500				$\pm 0,005 (\pm 0,008) *$			
	500—600				$\pm 0,006 (\pm 0,01) *$			
Рычажный микрометр типа МР с отсчетным устройством, встроенным в корпус (рис. 11, б; ГОСТ 4381—87)		0,002	$\pm 0,14$	0,01	Для отсчетного устройства $\pm 0,003$ (на участке $\pm 0,03$ мм) и $\pm 0,002$ (на участке $\pm 0,14$ мм)	600 ± 100	150	Перемещение микровинта до 25 мм. Размах показаний 0,0006 мм
Рычажный микрометр МРП (ТУ 2-054-207—33)	0—25, 25—50, 50—75, 75—100	0,001	$\pm 0,07$	0,01	Для отсчетного устройства $\pm 0,025$ (на участке 0,03 мм)	600 ± 100	100	Контактные поверхности отсчетного устройства армированы твердым сплавом, снабжены теплоизоляционными накладками

Прибор	Диапазон измерений, мм	Отсчетное устройство		Цена деления шкалы барабана, мм	Допускаемая основная погрешность, мм	Измерительное усилие, сН	Колебание измерительного усилия, сН	Примечание				
		Цена деления, мм	Диапазон измерений по шкале, мм									
Микрометры рычажные, оснащенные отсчетным устройством МРИ (рис. 11, в; ГОСТ 4381—87)	100—125 125—150 150—200	0,002	±0,1	0,01	Для отсчетного устройства: 0,004	800±200	200	Поставляются с установочными мерами. Микрометры с диапазоном измерений 300—400 и 400—500 мм выпускают с отсчетным устройством, имеющим цену деления 2 и 10 мкм				
	200—250 250—300				0,005							
	300—400				0,006							
	400—500				0,007							
	300—400	0,01	±2,0		0,007							
	400—500				0,008							
	500—600				0,010							
	600—700				0,012							
	700—800				0,014							
		0,01	±5,0									

	800—900				0,016	1000±200	250	
	900—1000				0,018			
Листовой микрометр с циферблатом (рис. 11, з; ГОСТ 6507—78)	0—5; 0—10; 0—25	—	—	0,01	±0,004	300—700	200	Вылет скобы для различных типоразмеров 20, 40 и 80 мм. Допустимое изменение показаний микрометров от изгиба скобы 0,002 мм при усилии 9,8 Н. Диаметр измерительного конца микровинта 8 мм
Рычажный микрометр, оснащенный отсчетным устройством МРИ мод. 125 (рис. 11, д; ГОСТ 4381—87)	1000—1200	0,01	±10	0,01	Для отсчетного устройства: ±0,02	1000±200	250	Для измерения с применением установочных мер
	1200—1400				±0,025			
	1400—1600				±0,028			
	1600—1800				±0,032			
	1800—2000				±0,036			

Прибор	Диапазон измерений, мм	Отсчетное устройство		Цена деления шкалы барабана, мм	Допускаемая основная погрешность, мм	Измерительное усилие, сН	Колбание измерительного усилия, сН	Примечание
		Цена деления, мм	Диапазон измерений по шкале, мм					
Трубный микрометр МТ (рис. 11, е; ГОСТ 6507—78)	0—25	—	—	0,01	$\pm 0,002$ ($\pm 0,004$) *	300—700	200	Для измерения толщины стенок труб с внутренним диаметром не менее 12 мм. Выпускают по 2-му классу точности. Допускаемое изменение изгиба скобы 0,002 мм при усилии 9,8 Н
Рычажный зубомерный микрометр МРЗ (рис. 11, ж; ГОСТ 4381—87)	0—20	0,002	$\pm 0,14$	0,01	Для отсчетного устройства $\pm 0,004$ (на участке 0,03 мм)	600 ± 100	150	Для измерения длины общей нормали зубчатых колес. Размаз показаний

	20—45				$\pm 0,003$ (на участке 0,14 мм)			0,001
Микрометры МВМ со вставками для изме- рения метрических и дюймовых резьб (рис. 11, з; ГОСТ 4380—86)	0—25, 25—50	—	—	0,01	$\pm 0,015$	500—900	200	Для измере- ния среднего диаметра ме- трических и дюймовых резьб. В ком- плект постав- ки входят призматиче- ские, кони- ческие встав- ки и устано- вочная мера
	50—75, 75—100				$\pm 0,02$			
	100—125, 125—150, 150—175, 175—200				$\pm 0,025$			
	200—225, 225—250, 250—275, 275—300, 300—325, 325—350				$\pm 0,035$			
Зубомерный микро- метр МЗ (рис. 11, и; ГОСТ 6507—78)	0—25, 25—50, 50—75, 75—100	—	—	0,01	$\pm 0,004$ ($\pm 0,005$) *	300—700	200	Для контроля длины общей нормали зуб- чатых колес с модулем от 1 мм. Вылет скобы не ме- нее 30 мм. Диаметр из- мерительного конца микро- винта не ме- нее 24 мм

Прибор	Диапазон измерений, мм	Отсчетное устройство		Цена деления шкалы барабана, мм	Допускаемая основная погрешность, мм	Измерительное усилие, сН	Колесание измерительного усилия, сН	Примечание
		Цена деления, мм	Диапазон измерений по шкале, мм					
Рычажная скоба СР (рис. 12, а; ГОСТ 11098—75)	0—25, 25—50	0,002	±0,14	—	±0,001 (на участке ±10 де- лений от нуля) ±0,002 (в пределах всей шкалы)	600±100	—	Для измере- ния линейных размеров ме- тодом сравне- ния. Контакт- ные поверх- ности армиро- ваны твердым сплавом
	50—75, 75—100, 100—125, 125—150					800±200		
Рычажная скоба СРП (повышенной точ- ности)	0—25, 25—50, 50—75, 75—100	0,001	±0,07	—	±0,0007 (на участке ±10 де- лений от нуля), ±0,00014 (в пре- делах всей шка- лы)	Не бо- лее 800	—	Оснащены теплоизоля- ционными на- кладками, арретиром пятки и пере- ставными ука- зателями поля допуска

Индикаторная скоба СИ (ГОСТ 11098—75): с пределом измерения 100 мм (рис. 12, б)	0—50	0,01	—	—	На любом участке 3 мм: $\pm 0,008$	600 \pm 100	Скобы с верхним пределом измерения св 100 мм поставляют с переставными пятками. Измерительные поверхности выполнены из твердого сплава
	50—100				$\pm 0,008$	800 \pm 200	
	100—200				$\pm 0,010$		
	200—300, 300—400				$\pm 0,0012$		
	с пределом измерения св. 100 мм (рис. 12, в)				400—500, 500—600		
1 — корпус; 2 — теплоизоляционная накладка; 3 — пятка; 4 — индикатор	600—700, 700—850, 800—1000				$\pm 0,020$	1000 \pm 200	

* Допускаемая погрешность для 2-го класса точности.

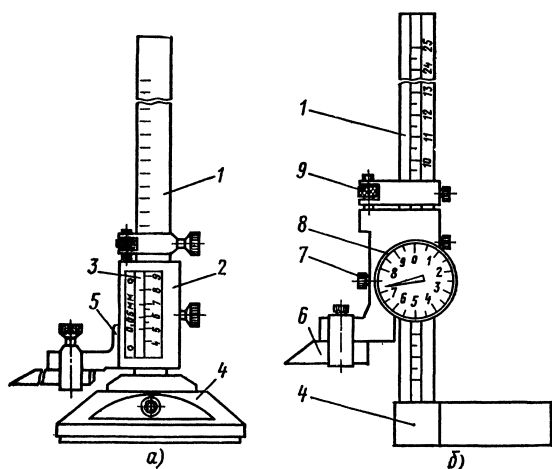


Рис. 9. Штангенрейсмасы:

a — ШР, *б* — стрелочный мод. БВ-6226; 1 — штанга; 2 — рамка; 3 — нониус; 4 — основание; 5 — державка, 6 — губка; 7 — стопор; 8 — отсчетное устройство; 9 — микрометрическая подача

Изготавливают также специальные скобы, причем дуговые скобы, как правило, применяют для измерений диаметров не свыше 2000 мм в любом сечении вала, а линейные — для измерения диаметром до 6000 мм только у торца.

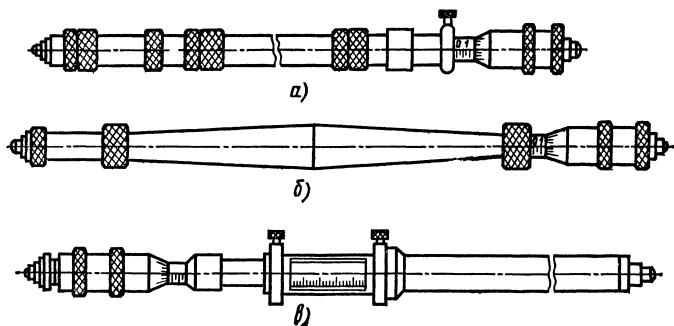
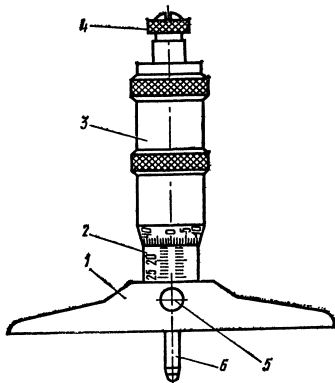


Рис. 10. Нутромеры с микрометрическими головками для контроля больших размеров:

a — без внутренних измерительных стержней; *б* — сигарообразные *в* — телескопические

21. Микрометрические глубиномеры типа ГМ

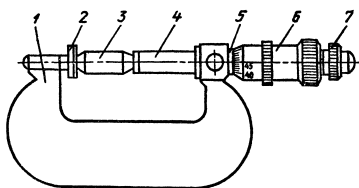


1 — основание; 2 — стемель, 3 — барабан; 4 — трещотка; 5 — стопор; 6 — измерительный стержень

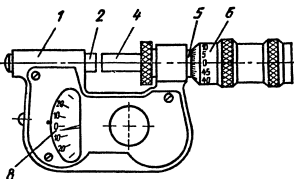
Параметр	Типоразмер	
	ГМ-100	ГМ-150
Диапазон измерений, мм	0—100	0—150
Цена деления, мм	0,01	
Допускаемая погрешность измерения мм, для класса точности:		
1	±0,003	±0,004
2	±0,005	±0,006
Измерительное усилие, сН	300—70	
Габаритные размеры, мм	100×33×107	100×33×157
Масса, кг	0,61	0,89

Микрометрические глубиномеры (табл. 21) используют для контроля размеров уступов, пазов, отверстий и других конструктивных элементов оборудования.

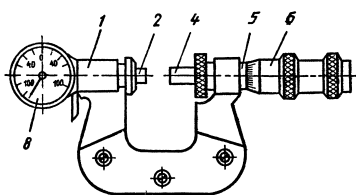
Индикаторные приборы применяют для контроля линейных размеров, отклонений формы и расположения при абсолютных и относительных измерениях, выполняемых в процессе монтажа оборудования, а также для контроля перемещений при центрировании и выверке. Наибольшее распространение получили индикаторные нутромеры



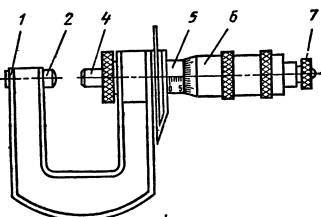
а)



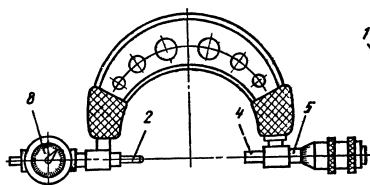
б)



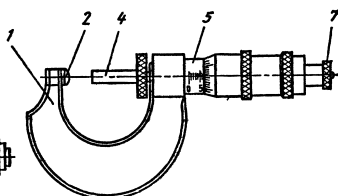
в)



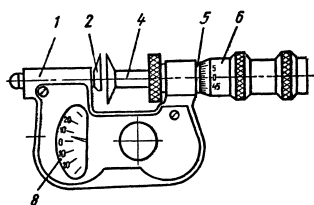
г)



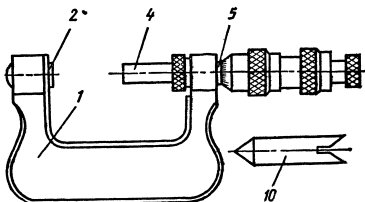
д)



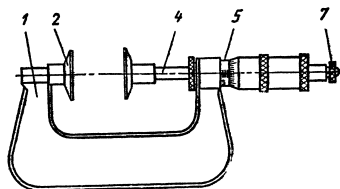
е)



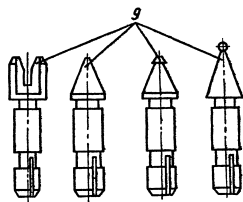
ж)



з)



и)



9)

Рис. 11. Микрометры:

a — гладкий типа МК; *б* — рычажный типа МР; *в* — рычажный типа МРП; *г* — лис.овой с циферблатом; *д* — рычажный мод. 125; *е* — трубный МТ; *жс* — рычажный зубомерный МРЗ; *з* — со вставками; *и* — зубомерный МЗ; *1* — скоба; *2* — пятка; *3* — установочная мера; *4* — микрометрический винт; *5* — стелька; *6* — барабан; *7* — трещотка; *8* — отсчетное устройство; *9* — вставки; *10* — установочная мера

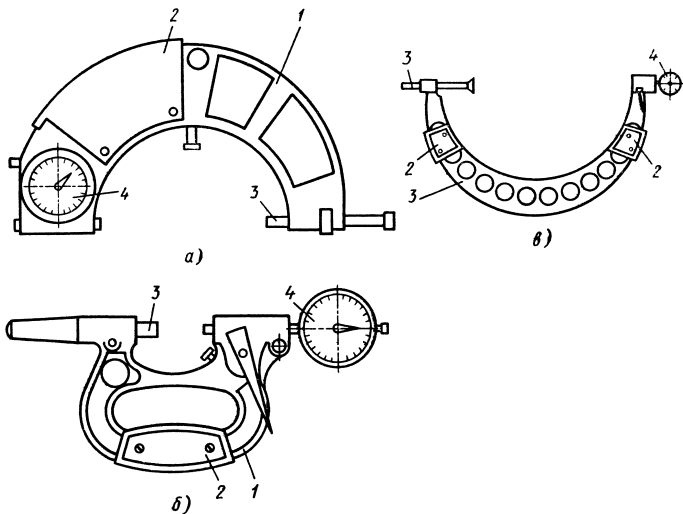


Рис. 12. Скобы:

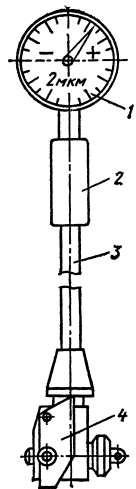
a — рычажная СР; *б* — индикаторная СИ с пределом измерения 100 мм; *в* — с пределом измерения св. 100 мм; *1* — корпус; *2* — теплоизоляционная накладка; *3* — пятка; *4* — индикатор

(табл. 22 и 23), измерительные головки и индикаторы различных типов (табл. 24).

Гидростатические нивелиры служат для контроля расположения поверхностей оборудования. По разности превышений ими можно оценивать наклоны протяженных плоских поверхностей и отклонений их формы.

Из гидростатических нивелиров широко известен уровень, выпускаемый заводом «Калибр» (рис. 13), четырех моделей: 115-1, 115-2, 115-3 и 115-4. Он состоит из измерительных головок, корпус 3 которых выполнен из бронзы и установлен на плиту 6. В корпусе расположен стеклянный сосуд 2, закрытый крышкой 4. Измеритель-

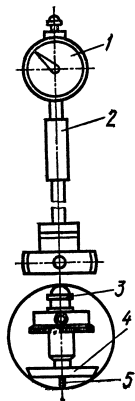
22. Индикаторные нутромеры (ГОСТ 9244—75)



- 1 — отсчетное устройство;
 2 — ручка;
 3 — корпус;
 4 — мостик

Параметр	Модель						
	103	104	106	109	154	155	156
Диапазон измерений, мм: нутромера	3—6	6—10	10—18	18—50	50—100	100—160	160—260
отсчетного устройства	±0,05			±0,1			
Наибольшая глубина измерений, мм	20	50	100	150	200	300	
Цена деления отсчетного устройства, мм	0,001			0,002			
Допускаемая погрешность нутромера, мм, не более: на любом участке 0,05 мм	±0,0018			—			
на любом участке 0,1 мм от нулевого деления шкалы	—		±0,0035			±0,001	
Измерительное усилие, сН, не более	300	350	400	450	700	900	900
Размах показаний, мм	0,001			0,002			

23. Индикаторные нутромеры типа НИ (ГОСТ 868—82)



(цена деления
0,01 мм)

1 — индикатор;
2 — ручка; 3 —
неподвижный изме-
рительный стержень;
4 — центри-
рующий мостик;
5 — подвижный изме-
рительный стержень

Параметр	Типоразмер					
	НИ-10	НИ-18	НИ-50А	НИ-100-1	НИ-160	НИ-160В
Диапазон измерений, мм	6—10	10—18	18—50	50—100	100—160	100—160
Допускаемая погрешность показаний в пределах всего перемещения измерительного стержня, мм, для класса точности:	1	$\pm 0,008$	$\pm 0,012$	$\pm 0,015$	$\pm 0,015$	$\pm 0,015$
	2	$\pm 0,012$	$\pm 0,015$	$\pm 0,018$	$\pm 0,018$	$\pm 0,018$
Наибольшая глубина измерения, мм, не менее	100	130	150	200	300	1200
Измерительное усилие, сН	250—450			400—700	500—900	500—900

24. Технические характеристики измерительных головок и индикаторов

Наименование	Обозначение	Цена деления, мкм	Предел измерений, мкм	Допускаемая погрешность, мкм		Размах показаний, делений шкалы	Измерительное усилие, сН, не более	Колебание измерительного усилия, сН, не более	Присоединительный диаметр, мм	Масса, кг
				в диапазоне всей шкалы	на участке 32 делений					
Головки										
Пружинная (микроактор), ГОСТ 6933—81	01 ИГП	0,1	± 4	0,15	0,10	1/3	150	20	28	0,47
	02 ИГП	0,2	± 6	0,20	0,15					
	05 ИГП	0,5	± 15	0,40	0,25					
	1 ИГП	1,0	± 30	60	40	1/4	300	30		
	2 ИГП	2,0	± 60	1,2	0,80			50		
	5 ИГП	5,0	± 150	3,0	2,0	100				
10 ИГП	10,0	± 300	5,0	3,0	150					
Пружинно-оптическая (оптикатор) ГОСТ 10533—86	01 П	0,1	± 12	0,1	0,05	1/4	150	30	28	1,4
	02 П	0,2	± 25	0,2	0,10					
	05 П	0,5	± 50	0,4	0,20					
	1 П	1,0	± 125	0,8	0,4					
Пружинная малогабаритная (микатор), ГОСТ 14712—79Е	02-ИПМ	0,2	± 10	0,3	0,15	1/2	100	25	8	0,13
	05-ИПМ	0,5	± 25	0,5	0,30	1/3	150	30		
	1-ИПМ 1-ИПМУ	1,0	± 50	1,0	0,50	1/3	150 50	30 20		
	2-ИПМ	2,0	± 100	2,0	1,00	1/3	150	30		
Рычажно-зубчатая ГОСТ 18833—73	1 ИГ	1	± 50	$\pm 0,8$	$\pm 0,4$	1/3	100	60		0,09
	2 ИГ	2	± 100	$\pm 1,2$	$\pm 0,7$					

Рычажно-пружинная (миникатор): с коротким нако- нечником	10 302	1	± 40	1	0,5	1/3	20	12	4 и 8	0,09
	10 302	2	± 80	2	1,0	1/3	30	—		
с длинным наконеч- ником, ГОСТ 14711—69										

Индикаторы

Многооборотный: по ГОСТ 9696—82	1 МИГ	1	0—1000	2	3	1/2	200	50	8	0,11		
	2 МИГ	2	0—2000	3	4	1	200	70				
	по ТУ 2-034-317—77	05 205	2	0—5000	5	4	1/2	150		70	0,22	
		05 305	1	0	4	3	1	200		70		
Рычажно-зубчатый, ГОСТ 5584—75	ИРБ	10	0—80	10	5	1/3	$\frac{10-30}{10-30}$	20	5 и 8	0,14		
	ИРТ						30					
Часового типа тор- цовые ИТ, ГОСТ 577—68	ИТ02	10	0—2000	10 (12)	8 (10)	1/3	150	—	8	0,14		
Часовые: по ГОСТ 577—68	ИЧ02	10	0—2 000	10 (12) *	4 (6) *	1	150	40	8	0,08		
	ИЧ05		0—5 000	12 (16)				60		0,15		
	ИЧ10		0—10 000	15 (20)	300	180	0,31					
	по ТУ 2-034-611—80		ИЧ25	0—25 000				22 (30)		5	1/3	0,325
			ИЧ50	0—50 000				48				

* В скобках даны значения для головок 1-го класса точности.

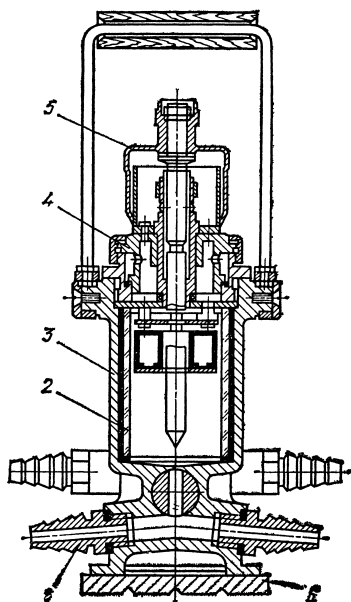


Рис. 13. Гидростатический уровень типа 115

ные головки соединены водяным и воздушным шлангом через ниппель 1 и имеют микрометрический винт (глубиномер) 5 с ценой деления 0,01 мм в мод. 115-1 и с ценой деления 0,1 мм в мод. 115-2. Масса головки 4,7 кг. Предельная погрешность измерений с помощью уровня мод. 115-1 составляет 0,03—0,05 мм.

Новый гидростатический уровень типа 114 (рис. 14) имеет расширенные диапазоны измерений и дополнительную шкалу. Техническая характеристика уровней этого типа приведена в табл. 25.

Шланговый технический нивелир НШТ-1 состоит из двух сообщающихся сосудов 1 и 2 (рис. 15), выполненных в виде стеклянных цилиндров в металлическом корпусе, соединенных шлангом 3. На цилиндрах имеется миллиметровая шкала. Внутри цилиндра с миллиметровой шкалой

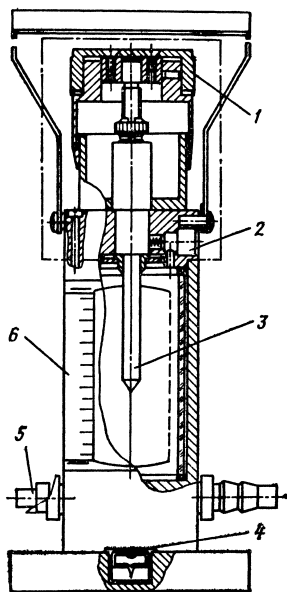


Рис. 14. Гидростатический уровень завода «Калибр» типа 114:

1 — микрометрический винт; 2 — клапан; 3 — измерительный шток; 4 — круглый уровень; 5 — воздушный штуцер; 6 — дополнительная шкала

25. Технические характеристики гидростатических уровней типа 114

Параметр	Исполнение			
	114-1	114-2	114-3	114-4
Число измерительных головок	2		1	
Цена деления шкалы микрометрического глубиномера измерительных головок, мм	0,01	0,1	0,01	0,1
Цена деления дополнительной шкалы, мм			1	
Диапазон измерения превышения H , мм, при отсчете: по шкале глубиномера по дополнительной шкале			От 0 до 25 От 0 до 70	
Максимальная длина соединительных шлангов, м	12	24	12	24
Допускаемая погрешность, мм, при отсчете: по шкале глубиномера по дополнительной шкале	0,3	0,1	$0,03 + 0,007H$ 1	$0,1 + 0,07H$
Разность показаний измерительных головок одного комплекта, мм, при базировании: на плоскости на призме	0,02 0,05	0,05 0,1		— —
Масса, кг: измерительной головки бака			3	11
Количество воды, заливаемой в систему, л	3			12

размещен поплавков с нанесенной на нем кольцевой риской. Фиксация положения риски поплавка относительно шкалы проводится визуально. Нивелир НШТ-1 выпускается серийно. Его основные технические характеристики следующие:

Длина шкал измерительных элементов, мм	200
Цена наименьшего деления, мм	1
Пределы измерения превышений, мм	± 200
Длина шланга, м	10
Средняя квадратическая погрешность одного измерения, мм	$\pm 0,5$
Масса, кг:	
головки	0,8
прибора в рабочем состоянии	3,5
комплекта	7

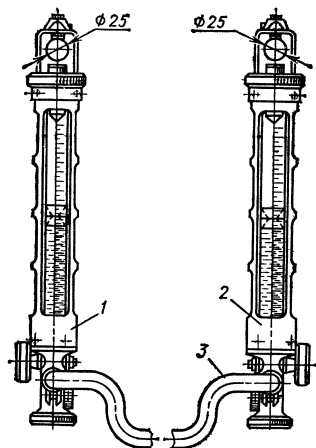


Рис. 15. Шланговый технический нивелир НШТ-1

Разработаны измерительные гидростатические системы с дистанционным съемом информации и фотоэлектрическими головками. Применяют также приборы с сосудами открытого типа и оптико-механической отсчетной системой для контроля отклонения от прямолинейности.

Микронивелиры состоят из базовых линеек с двумя опорами и отсчетных устройств, в которых в качестве нуль-

индикатора используют пузырьковые уровни или их ампулы. Микронивелиры применяют при монтаже для контроля отклонений от прямолинейности и плоскостности шаговым методом. Микронивелир с постоянной базой (рис. 16, а) представляет собой корпус-линейку 1 с двумя опорами, на которых установлен уровень 2 или пузырьковая ампула в специальной оправе. Расстояние между опорами равно шагу измерения. Регулируемая опора 2 микронивелира снабжена микрометрическим винтом и индикатором 3.

Микронивелир с переменной базой (рис. 16, б) снабжен уровнем и индикатором часового типа или измерительной

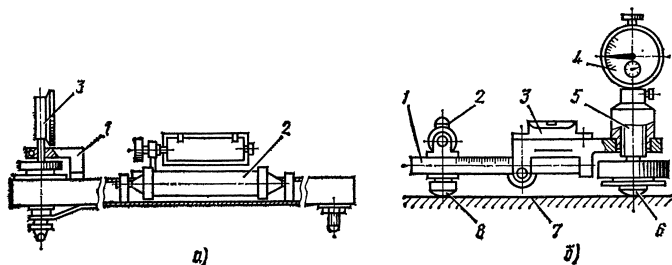


Рис. 16. Микронивелиры с базой; а — постоянной; б — переменной

головкой с ценой деления 0,01—0,002 мм. Он состоит из линейки-трубы 1 со шкалой, брускового уровня 3, установочного уровня 2 на опоре 8, индикатора 4, контактирующего с торцом микровинта 5. Микровинт устанавливают измерительной опорой 6 на проверяемую поверхность 7. Расстояние между опорами 6 и 8 переменное (200—600 мм), цена деления: индикатора 0,01 мм, основной ампулы продольного уровня 0,02—0,05 мм на 1 м, поперечного уровня 3—6, пределы перемещения винта ± 5 мм.

Приборы для контроля больших диаметров косвенным методом. Приборы ПКД-4 и ПКД-6 применяют для измерений диаметров 1500—6000 мм методом опоясывания; цена деления 0,01 мм. Измерения осуществляют с помощью набора лент. Прибор крепят к измеряемому изделию с помощью постоянного магнита. Электроконтактное сигнальное устройство срабатывает при определенном измерительном усилии, что исключает влияние растяжения ленты на погрешности измерений.

ЛИТМО разработаны и внедрены приборы для измерения диаметров по элементам окружности, известные под названием «наездников» (ПКД-2, ПКД-8, 5ПКД-9 и 10ПКД-9). Диапазон контролируемых диаметров 800—1700 мм, цена деления 0,01 и 0,005 мм. Применение таких приборов основано на принципе измерения диаметров по углу между касательными, по высоте сегмента, по хорде сегмента и т. п.

Метод контроля диаметров обкаткой роликом основан на зависимости углов поворота мерного ролика от частоты его вращения при обкатке вокруг измеряемой детали. Для измерения диаметров вращающихся деталей по этому принципу применяют электронные приборы АИД-6, АИД-8 и ИБД-5, имеющие фотоэлектрический преобразователь измерительных импульсов (цена импульса 0,01 мм). Диапазон контролируемых диаметров 100—10 000 мм.

Оптические приборы для линейных измерений. При измерении превышений, линейных отрезков, недоступных для непосредственного измерения при монтаже оборудования, используют нивелиры и катетомеры.

Нивелир является оптическим прибором, зрительная труба которого находится в строго горизонтальном положении, что достигается регулировкой ее положения

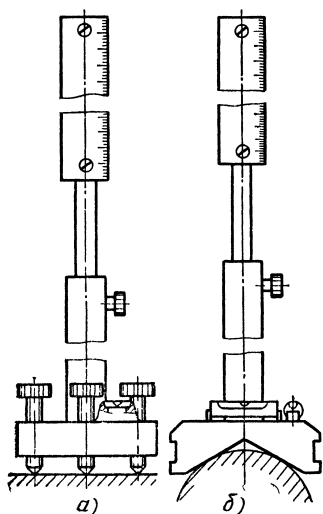
26. Технические характеристики нивелирных реек типа РН (ГОСТ 11158—83)

Параметр	РН-05	РН-3	РН-10
Допустимое отклонение от номинального значения длины наименьшего интервала, мм	$\pm 0,05$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$
Цена наименьшего деления шкалы рейки, мм:			
основной	5	10	10
дополнительной	5 или 10	10	50
Допустимая погрешность совмещения начала шкалы рейки с пяткой, мм	$\pm 0,1$	$\pm 0,5$	± 1
Стрелка прогиба рейки на всю длину, мм	3	6	10
Длина рейки, мм	3000, 1200	4000, 3000, 1500	4000
Цена деления ампулы уровня,	17—10	20 или 17	20 или 17

элевационным винтом с контролем по высокоточному цилиндрическому уровню. Нивелиры используют в сочетании со специальными нивелирными рейками. Рейка является штриховой мерой длины (табл. 26). Если рейку установить в вертикальное положение (последовательно) в двух точках и, наводя горизонтальный штрих зрительной трубы на штрихи рейки, снять отсчеты, то их разность определит превышение этих точек. При выверке оборудования также применяют малогабаритные рейки на специальных подставках (рис. 17).

Наибольшее распространение получили нивелиры Н-05 и Н-3; для грубых работ применяют нивелиры Н-10 (табл. 27).

Рис. 17. Нивелирные малогабаритные рейки на специальных подставках для установки на плоскую поверхность (а) и на валы (б)



27. Технические характеристики нивелиров

Параметр	Нивелиры					
	высокоточные		точные		технические	
	Н-05	Н-05К	Н-3	Н-3К	Н-10	Н-10К
Средняя квадратическая погрешность на 1 км двойного хода, мм	0,5		3		10	
Средняя квадратическая погрешность определения превышения на станции, мм, на длине:						
50	0,2		—		—	
100	—		2		4	
Наименьшее расстояние визирования, м	2,0		2		1,5	
Цена деления уровня на 2 мм смещения пузырька: при трубе, " установочного, '	10	—	15	—	45±5	—
Погрешность установки линии визирования, ", не более	—	0,3	—	0,5	—	1,0
Диапазон работы компенсатора', не менее	—	±10	—	±15	—	±20
Цена деления: лимба, °	1		1		6	
шкалы оптического микрометра, мм	0,55		—		—	
Увеличение зрительной трубы	×42		×30		×20	
Масса, кг	5,6	6,0	2,5		1,5	2

Катетометры. Для визирной трубы катетометра рабочей мерой является миллиметровая шкала стойки штатива. Катетометры имеют визирную трубу, перемещающуюся по вертикальному штативу, устройство для установки трубы в горизонтальное положение, шкалу и отсчетное устройство (микроскоп, нониус и лупа). При измерении визирная труба наводится на начало и конец измеряемого отрезка, длина которого определяется по шкале перемещения трубы.

Катетометры обеспечивают небольшую погрешность измерений (до 20 мкм), но несколько громоздки из-за большой массы и размеров штатива. Поэтому их применяют только в тех случаях, когда нивелиры не обеспечивают заданной точности контроля.

5. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ

Угломеры. Угломеры с нониусом выпускают трех модификаций: типа 2 (рис. 18, а); типа 1 — (рис. 18, б) и типа 4 (рис. 18, в).

В универсальном угломере типа 2 основание 1, по которому перемещается нониус 2, имеет наружную цилиндрическую и внутреннюю коническую поверхности. Закрепление нониуса 2 в заданном положении осуществляют стопором 3. К сектору 4 с помощью державки 8 прикреплен угольник 7, а к нему такой же державкой 8 — съемная линейка 6. Сторона угольника 7 или линейки 6 является одной измерительной поверхностью, а сторона линейки 5 — другой. В угломерах типа 1 (рис. 14, б), которые называют

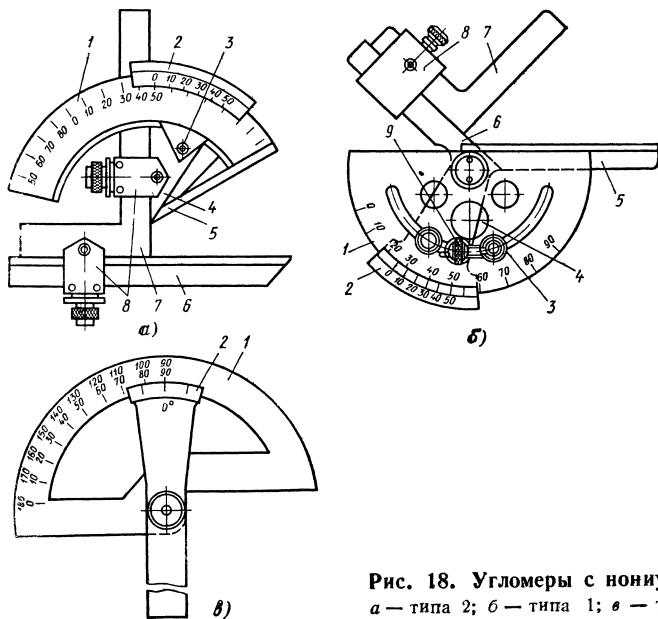


Рис. 18. Угломеры с нониусом: а — типа 2; б — типа 1; в — типа 4

28. Технические характеристики угломеров

Угломер	Тип	Цена деления	Пределы измерений, °		Длина измерительных поверхностей, мм		Допускаемая погрешность,
			наружных углов	внутренних углов	длина, не менее	ширина	
С нониусом для измерения наружных углов	1	2	—	—	—	—	±2
		5	0—180	—	60	3,5	±3
	4	15					±15
С нониусом для измерения наружных и внутренних углов	2	2	0—180	40—180	50	3,0	±2
Оптический	УО	5	0—180	30—180	150—300	2,5—3,5	±2,5
Маятниковый	ЗУРИ-М	60	0	—036	—	—	60

транспортируемыми, неподвижная линейка 5 является продолжением основания 1. Поворачивающаяся линейка 6, к которой с помощью державки 8 прикреплен угольник 7, жестко связана с сектором 4. Нониус 2 имеет узел микроподдачи 9 и стопор 3.

В угломере типа 4 (рис. 14, в) имеется подвижная линейка, перемещающаяся относительно основания 1; на конце линейки расположен нониус 2.

Оптические угломеры ОУ выпускают по документу ГОСТ 11197—73. Угломеры имеют лимб с ценой деления 1° и сетку с ценой деления 5'. Показания снимают через встроенную лупу.

Маятниковые угломеры ЗУРИ-М изготавливают по ТУ 2-03-666—77. Их принцип действия основан на отклонении маятника при изменении положения угломера в вертикальной плоскости.

Технические характеристики угломеров приведены в табл. 28.

Уровни. По принципу действия различают ампульные и маятниковые уровни. В ампульных уровнях отклонения основания уровня от горизонтальной плоскости ре-

гистрируют относительно положения пузырька воздуха в специальной цилиндрической ампуле и некоторой кривизной продольной оси. Промышленность выпускает брусковые и рамные ампульные уровни.

Цена деления ампульных уровней обычно выражается в долях миллиметра на 1 м, причем цене деления 0,01 мм/м соответствует угол наклона основания уровня 2".

Брусковые уровни (ГОСТ 9382—75) предназначены для измерения малых отклонений поверхностей оборудования от горизонтальности. Технические характеристики брусковых уровней приведены в табл. 29.

Брусковые уровни мод. 117 и 118 выпускают регулируемы. У них при необходимости можно менять ампулу с последующей регулировкой ее положения. Технические характеристики строительных уровней брускового типа приведены в табл. 30.

Удобны в применении брусковые уровни с микрометрической подачей ампулы (ГОСТ 11196—74), с помощью которой при любом положении основания уровня ампулу устанавливают в горизонтальной положение, а ее перемещение отсчитывают по микрометрической головке, что позволяет расширить диапазон измерения.

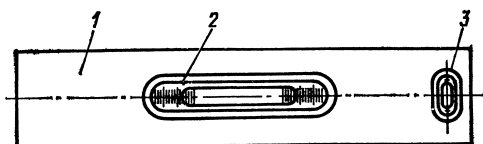
Мод. 107 и 110 имеют оптическую систему для наблюдения за установкой пузырька в горизонтальное положение, что позволяет с большой точностью производить отсчет (табл. 31).

Микрометрический уровень мод. 110 имеет основную ампулу камерного типа с регулируемой длиной пузырька, что позволяет работать в различных температурах условий. Отсчет показаний может проводиться как по шкале микрометрической головки, так и в небольших пределах по шкале основной ампулы.

Рамные уровни (ГОСТ 9392—75) имеют корпус в виде квадрата и предназначены для контроля как горизонтального, так и вертикального расположения поверхностей. Призматические выемки для установки уровней на валы имеются на нижней, верхней и одной из боковых измерительных поверхностей. Рамный уровень мод. 122 приспособлен для применения сменных ампул с последующей их регулировкой (табл. 32).

У уровней маятникового типа смещение маятника регистрируется датчиками и превращается в электрический

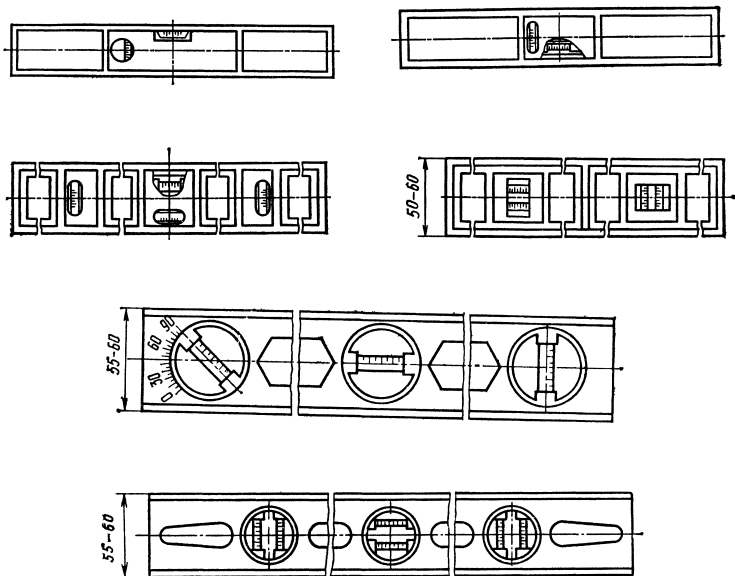
29. Технические характеристики брусковых уровней



1 — корпус; 2 — основная ампула; 3 — установочная ампула

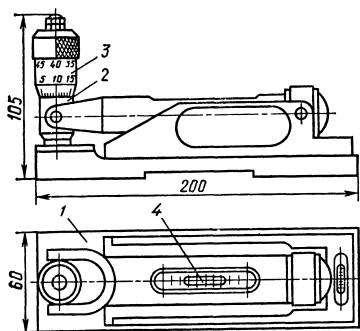
Параметр	Модель			
	108	112	117	
Цена деления основной ампулы, мм/м	0,15		0,02	0,05
Длина рабочей поверхности, мм	100	200	200 (250)	
Отклонение средней цены деления, мм/м	±0,1	±0,02	±0,04	±0,0075
Масса, кг	0,55	1,07	1,56	
Параметр	Модель			
	118	118-1	118-2	118-3
Цена деления основной ампулы, мм/м	0,02	0,05	0,1	0,15
Длина рабочей поверхности, мм	200			
Отклонение средней цены деления, мм/м	±0,04	±0,0075	±0,015	±0,02
Масса, кг	1,4			

30. Технические характеристики строительных уровней типа УС

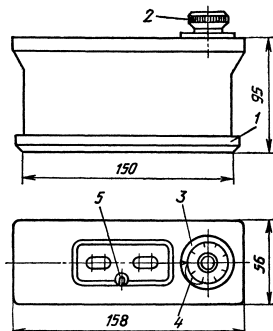


Тип уровня	Исполнение	Длина уровня, мм	Масса, кг	Длина ампулы, мм	Группа уровней				Число ампул	
					I		II и III		Основных	Установочных
					Цена деления ампулы					
					'	мм/м	'	мм/м		
УС1	—	230	0,12	23	—	—	15	4,4	1	1
УС2	—	300	0,24		—	—			2	2
УС3	—	500	0,48		6	1,8				
УС4	УС4-1	300	0,32	33	—	—	10	2,9	1	4
	УС4-2	500	0,65		6	1,8				
УС5	УС5-1	300	0,32		—	—			10	2,9
	УС5-2	500	0,52		6	1,8				
УС6	УС6-1	750	0,72	4	1,2	10	2,9	1	4	
	УС6-2	1250	1,20	2	0,6					

31. Технические характеристики уровней с микрометрической подачей ампулы



Мод. 107

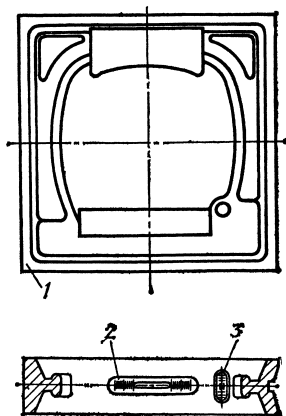


Мод. 119

1 — основание; 2 — микрометрический винт; 3 — отсчетное устройство; 4 — основная ампула; 5 — оптическое устройство совмещения концов ампулы

Параметр	Модель			
	107	110	119	120
Цена деления основной ампулы, мм/м	0,01		0,1	0,1
Диапазон измерений, мм/м	±10		±30	±30
Размер опорной поверхности, мм	150×50	150×45	210×60	200×45
Допускаемая погрешность измерений, мм/м, в диапазоне: ±1 мм/м ±10 мм/м	— ±0,02	±0,01 ±0,02	— ±0,1	— ±0,1
Масса, кг	1,6	1,4	1,5	1,4

32. Технические характеристики рамных уровней (длина рабочих поверхностей 200 мм; разность показаний уровня при установке на основание или боковые поверхности, 1/2 деления, не более)



1 — корпус; 2 — основная ампула; 3 — установочная ампула

Параметр	Модель			
	111		113	
Цена деления основной ампулы, мм/м	0,1	0,05	0,02	0,15
Отклонение средней цены деления от номинального значения, мм/м	$\pm 0,004$	$\pm 0,0075$	$\pm 0,015$	$\pm 0,02$
Отклонение от плоскостности притертых и шлифованных поверхностей, мм	0,006	0,005	0,004	0,01

Параметр	Модель			
	122	122- 1	122- 2	122- 3
Цена деления основной ампулы, мм/м	0,02	0,05	0,1	0,15
Отклонение средней цены деления от номинального значения, мм/м	$\pm 0,04$	$\pm 0,0075$	$\pm 0,015$	$\pm 0,02$
Отклонение от плоскостности притертых и шлифованных поверхностей, мм	0,004	0,005	0,006	0,01

сигнал, который усиливается и подается в показывающий прибор.

Заводом «Калибр» разработаны уровни мод. 128, 129 и 152 (табл. 33).

Электронный уровень мод. 128 (рис. 19) имеет цифровой отсчет и широкий диапазон измерения, обладает повышенным быстродействием. Комплект уровня содержит преобразователь (датчик) 1, электронный блок 3 и соединительный кабель 2 длиной 5 м. Для работы в условиях вибрации уровень снабжен фильтрами. Применяя два уровня, можно измерять отклонение углов наклона двух поверхностей и их положение относительно горизонта.

Индуктивный уровень мод. 129 имеет преобразователь с микрометрическими барабанами. Отсчет можно производить как по шкале барабана, так и по показывающему прибору.

Дифференциальный индуктивный уровень мод. 152 предназначен для непосредственного или дистанционного измерения углов наклона поверхностей относительно горизонта или базовой поверхности оборудования, а также для измерения угла наклона двух поверхностей относительно друг друга. Уровень состоит из двух преобразователей и электронного блока с отсчетным устройством.

Электронные уровни мод. А11 и А12 (ГДР) обладают расширенным диапазоном измерения. Индуктивные преоб-

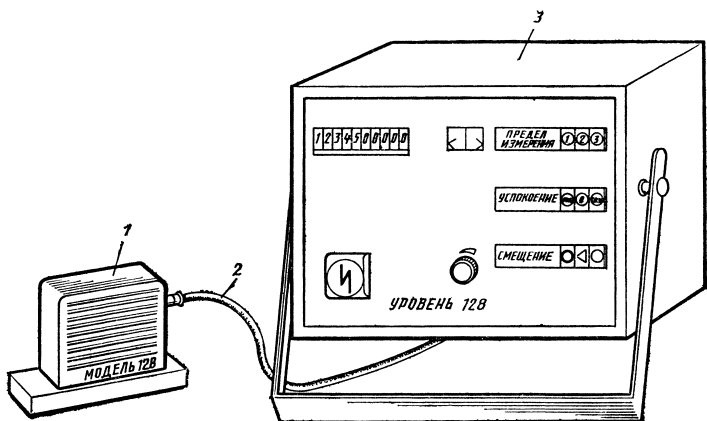


Рис. 19. Электронный уровень мод. 128 завода «Калибр»

33. Технические характеристики электронных уровней

Параметр	Модель											
	128			129				152				
Цена деления, ":	1	2	5	2	4	10	20	2	4	10	20	
показывающего устройства шкалы барабана		—			40				40			
Диапазон измере- ний, ":												
по шкале показы- вающего прибора	±1000	±2000	±5000	±50	±100	±240	±480	±50	±100	±240	±480	
по шкале барабана		—			±100				±100			
Погрешность, деле- ний шкалы, не бо- лее:												
показывающего прибора при рабо- те с преобразовате- лями:												
одним	±(1+			±1				±1				
двумя	+0,01α) *			—				±2				
при отсчете по шка- ле барабана преоб- разователя		—			1				1			
Масса, кг:												
преобразователя		2,5			1,0				2,0			
электронного блока		8,5			5,0				5,8			

* α — показания прибора.

34. Технические характеристики электронных уровней А11 и А12 (ГДР)

Параметры	Модель	
	А11	А12
Пределы, мм/м: измерения с применением блока индикации слежения за положением уровня с применением установочного винта	±2,5	
Цена деления, мм/м: индикатора электронного блока	—	±9,0
шкалы барабана установочного винта	±0,001 и ±0,01	±0,01
Габаритные размеры, мм: преобразователя электронного блока	120×34×145	120×37×198
Масса электронного блока, кг	304×142×245	
Напряжение источника переменного тока, В	4,5	
	220	

разователи имеют установочные винты с отсчетным барабаном и обработанную боковую поверхность, перпендикулярную основанию. Характеристики уровней приведены в табл. 34

Квадранты конструктивно объединяют угломер с уровнем, что позволяет значительно расширить пределы измерений. В комплекте с оптическими *квадрантами* (табл. 35) можно поставлять: подставку для установки квадранта в положение, обеспечивающее вертикальное направление оси лимба; столик для использования квадранта в качестве малогабаритного делительного стола; блок питания (трансформатор) и осветитель.

Механические квадранты имеют большую погрешность измерений и их применяют значительно реже.

Синусные линейки (ГОСТ 4046—80) предназначены для измерения наружных углов от 0 до 45°. Основной частью линейки является рабочий столик с двумя цилиндрическими роликами на концах. Для настройки линейки под один из роликов помещают блок концевых мер длины опре-

35. Технические характеристики оптических квадрантов

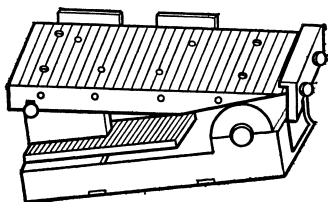
Параметр	Тип квадранта			
	КО-2	КО-5	КО-10	КО-60 и КО-60М
Допускаемая погрешность, ", не более	±2	±5	±10	±30
Цена деления шкалы отсчетного устройства, ", не более	2	5	10	60
Предел измерения углов по лимбу, °	0—360	0—360	0—360	0—360
Цена деления', не более:				
уровня:				
основного	0,06	0,1	0,25	0,5
поперечного	2	2	4	14
лимба:				
точного	10	10	20	60
грубого	300	300	300	300
Отклонение, не более:				
от параллельности основания и оси углового паза"	10	15	30	60
от плоскостности основания (вогнутость), мм	0,003	0,004	0,007	0,01
Длина основания квадранта, мм, не менее	200	150	120	100
Масса квадранта, кг, не более	8	6	4	3
с магнитным основанием	—	—	—	3,5

деленного размера. Линейки предназначены для контроля угловых шаблонов, угольников, конусов, а также других изделий. Контроль осуществляется путем измерения отклонения поверхности изделия от параллельности поверхности плиты, по которой перемещают стойку с индикатором.

Синусные линейки (табл. 36) выпускают типа ЛС — без опорной плиты; типа ЛСО — с опорной плитой с одним наклоном и типа ЛСД — с опорной плитой с двумя наклонами (в продольной и поперечной плоскостях).

Автоколлиматоры применяют для точного контроля углов в небольшом диапазоне их изменения. Автоколлиматоры основаны на оптическом принципе действия; их применяют в сочетании с плоским зеркалом. Технические характеристики визуальных автоколлиматоров приведены

36. Технические характеристики синусных линеек



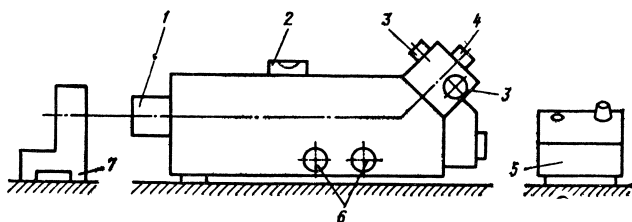
Параметр	Тип ЛС			Тип ЛСО		Тип ЛСД			
	Модель								
	143	134	136	138	139	135	142	140	141
Расстояние между осями роликов, мм	100	200	200	300	300	200	100	200	300
Ширина, мм	60	60	120	180	90	60	60	145	180
Допускаемая погрешность при установке под углом до 45° для линеек класса точности:									
1	6	5	5	6	5	6	10	10	5
2	10	8	8	10	8	10	12	5	15

в табл. 37. Промышленность выпускает также фотоэлектрические автоколлиматоры АФ-2 и АФ-1Ц с высокой чувствительностью.

Теодолиты получили наиболее широкое распространение при монтаже оборудования и конструкций, а также при приемке геодезической основы строительной части зданий и фундаментов под монтаж.

Высокоточные теодолиты Т05 и Т1 ввпускают небольшими сериями и применяют при выверке оборудования с повышенной точностью, а также для разбивки контрольных и рабочих монтажных осей. Специально для точной разбивки осей и угловых измерений малыми сериями изготовляют *угломерный высокоточный комплект УВК.И.* Угломерная часть комплекта построена на основе теодолита ОТ-02М. Комплект УВК.И содержит центрир,

37. Технические характеристики визуальных унифицированных автоколлиматоров



1 — объектив; 2 — накладной уровень; 3 — компенсатор; 4 — окуляр;
5 — блок питания; 6 — механизм регулирования; 7 — зеркало

Параметр	Тип			
	АК-0,2У	АК-0,5У	АК-1У	АК-60
Допускаемая погрешность, ":				
при однокоординатном измерении	1,5	3	6	90
при двухкоординатном измерении	3	6	12	120
Диапазон измерения, "	10	20	40	120
Цена деления в поле зрения, ":				
секундной шкалы	0,2	0,5	1	—
грубой шкалы	15	30		60
Предел регулирования визирной оси:				
в горизонтальной плоскости, °			2	
в вертикальной плоскости, "			40	
Максимальное расстояние от объектива до зеркала, м	30	25	20	10
Увеличение зрительной трубы	× 60	× 29	× 14,5	× 8
Расстояние от основания до оси объектива, мм			100	
Длина зрительной трубы, мм		500		160

автоколлимационный окуляр и систему принудительного центрирования.

Основные технические характеристики угломерного комплекта УВК.И

Средняя квадратическая погрешность измерения при одном приеме, ":

горизонтального угла	1,0—1,5
зенитного расстояния	2—3
Увеличение зрительной трубы	× 30—40
Световой диаметр объектива трубы, мм	50
Предел разрешения в центре поля зрения трубы, "	2,6
Фокусное расстояние телеобъектива, мм	350
Наименьшее расстояние визирования, м	5
Максимальный угол наклона трубы, °	±58
Диаметр лимба, мм	135/90
Цена деления:	
лимба,	10/20
шкалы оптического микрометра, "	0,5
уровня на 2 мм, ":	
при алидаде горизонтального круга	6—8
при вертикальном круге	10—12
Высота прибора до горизонтальной оси, мм	255
Масса, кг:	
теодолита	12
укладочного футляра	5

При монтаже более распространены *точные теодолиты*, которые применяют для самых различных измерений.

Вместо теодолитов Т2 и Т5 при монтаже все большее распространение получают теодолиты унифицированной серии 2Т более совершенной конструкции.

Новые *теодолиты 2Т2 и 2Т5* полностью соответствуют требованиям ГОСТ 10529—86. Теодолит 2Т2 имеет двустороннюю систему отсчитывания по оптическому микрометру и уровень при вертикальном круге. Такой же уровень имеет теодолит 2Т5, а теодолит 2Т5К — компенсатор с диапазоном действия ±3'; у этих двух теодолитов односторонняя система отсчитывания по кругам со шкаловым микрометром. Технические характеристики новых теодолитов приведены в табл. 38.

Основные особенности конструкции теодолита 2Т2 по сравнению с теодолитом Т2: применение более короткой

38. Технические характеристики точных теодолитов

Параметр	Тип	
	2Т2	2Т5
Средняя квадратическая погрешность измерения угла при одном приеме, ":		
горизонтального	2	5
вертикального	2—3	7—8
Пределы измерения углов, °:		
горизонтального	360	
вертикального	±60	
Наименьшее расстояние визирования, м	2	
Цена деления:		
лимба, ':		
горизонтального	20	60
вертикального	20	60
шкалы вертикального оптического микрометра, "	1	
круга-искателя, °	1	—
уровня на 2 мм смещения пузырька:		
при алидаде горизонтального круга	15	30
при вертикальном круге	15	
накладного	10	—
Увеличение зрительной трубы	×27,5	
Угол поля зрения трубы, °	1,5	—
Коэффициент нитяного дальномера	100	—
Масса, кг:		
теодолита	4,8	4,2
укладочного футляра	4,0	

зрительной трубы, переводимой через зенит обоими концами, и возможность юстировки ее визирной оси; применение круга искателя; использование цифровой индикации при отсчете по лимбу десятков минут. Теодолит 2Т5 по внешнему исполнению унифицирован с теодолитом 2Т2, а по своему назначению аналогичен теодолиту Т5. Выпускается модификация компенсационного теодолита 2Т5КП со зрительной трубой прямого изображения

Для простых работ при монтаже применяют теодолиты 2Т30 *технической точности* и их модификацию 2Т30М в маркшейдерском исполнении. Их технические характеристики приведены в табл. 39.

39. Технические характеристики теодолитов 2Т30 и 2Т30М

Параметр	Тип	
	2Т30	2Т30М
Средняя квадратическая погрешность измерения угла при одном приеме, ":		
горизонтального	20	30
вертикального	30	45
Диапазон измерения угла, °:		
горизонтального	360	
вертикального	+60 ÷ -55 (±90) *1	
Цена деления:		
лимбов круга, °:		
горизонтального		1
вертикального		1
шкалы трубы',	—	1
микроскопа, '	5	—
Наименьшее расстояние визирования, м	1,2	1
Диапазон работы компенсатора, '	—	0—5 *2
Погрешность компенсатора в рабочем диапазоне, "	—	10 *2
Точность считывания по лимбам горизонтального и вертикального кругов, "	0,5	—
Цена деления уровня на 2 мм смещения пузырька, ":		
при алидаде горизонтального круга	45	60
на трубе	—	20
Увеличение зрительной трубы	× 20	× 21
Поле зрения зрительной трубы, °		2
Коэффициент нитяного дальномера	100	—
Диапазон рабочих температур, °С	-40 ÷ +50	-45 ÷ +40
Масса, кг:		
теодолита	2,2	3,0
укладочного футляра	1,0	3,5

*1 Измерения с насадкой на объектив.

*2 Для модели Т30МП.

6. ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

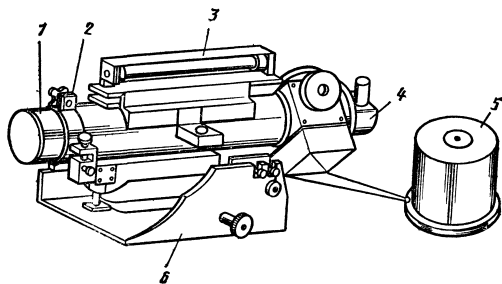
Специализированные оптические приборы используют для контроля отклонений формы и расположения поверхностей оборудования. Зрительные трубы приборов визирного типа, предназначенных для оптических измерений, снабжены фиксирующими устройствами, позволяющими вести визирование на различно удаленные марки, отсчетными приспособлениями для измерения смещений изображения марки относительно перекрестия сетки, установочными приспособлениями для приведения визирной оси в определенное положение и приспособлениями в виде уровней для контроля этого положения. Марки изготавливают с установочными, отсчетными устройствами и контрольными приспособлениями — уровнями.

Микротелескопами называют высокоточные оптические приборы, имеющие телескопическую систему и микроскоп вместо окуляра. Микротелескопы применяют при монтаже преимущественно для контроля отклонений от прямолинейности, соосности и перпендикулярности элементов машин и механизмов. Из приборов этого типа наибольшее распространение имеют приборы проверки отклонений от соосности типа ППС (табл. 40).

Измерения осуществляют с помощью оптического микрометра и шкалы марки в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Визирные измерительные трубы снабжены системой подсветки.

Коллиматоры, применяемые для оптических измерений при монтаже оборудования в машиностроении, снабжены двумя марками — для измерения смещений и для измерения наклонов. Последняя марка используется вместо сетки. Она градуирована в минутах, и по ней можно определять наклоны коллиматора в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Марка для измерения смещений нанесена на плоской задней поверхности объектива или установлена впереди объектива коллиматора. Если зрительную трубу сфокусировать на бесконечность, то будет видна лишь марка для измерения наклонов. При этом используется коллимационный метод измерений. Если зрительная труба сфокусирована на марку для измерений смещений, то не будет видна марка для измерений наклонов. При этом используется визирный метод. Применяя

40. Технические характеристики приборов типа ППС



1 — оптическая труба; 2 — установочное устройство; 3 — цилиндрический уровень; 4 — отсчетное устройство; 5 — блок питания; 6 — основание

Параметры	Тип	
	ППС-11	ППС-12
Допускаемая погрешность, мм (L — расстояние до объекта визирования, м)	$\pm(0,02+5 \cdot 10^{-3}L)$	$\pm(0,01+5 \cdot 10^{-3}L)$
Средняя квадратическая погрешность визирования, мкм, не более, на марку:		
с концентрическими окружностями		$\pm(2+3L)$
с квадратными фигурами		$\pm(4+4,5L)$
Диапазон визирования, м	0—30	0,5—30
Диапазон измерения, мм		0—2
Цена деления отсчетного устройства, мм		0,01
Диапазон регулирования визирной трубы в установочном устройстве:		
линейный, мм:		
по горизонтали		12
по вертикали		7
угловой, °:		
по горизонтали		4
по вертикали		2,5
вокруг оптической оси		6
Увеличение зрительной трубы		$\times 26$
Диапазон рабочих температур при относительной влажности не более 80%, °C		$+14 \div +25$
Размеры трубы, мм:	525×130×120	600×200×150
Масса, кг:		
трубы	6	10
установочного устройства	9	15

такую схему измерений, регулируют соосное положение валов и подшипниковых узлов.

Техническая характеристика комплекта ППС-7

Пределы визирования, м	1—6
Увеличение	× 20
Поле зрения	1° 28'
Фокусное расстояние объектива, мм	176
Пределы фокусирования на марку, мм	650—5650
Цена деления:	
окулярной шкалы, с	30
оптического компенсатора, мм	0,01
Пределы измерения отклонений от соосности оптическим компенсатором, мм	±0,5
Габаритные размеры трубы, мм	330×75×138
Масса трубы, кг	9
Фокусное расстояние объектива коллиматора, мм	256

Прибор обеспечивает контроль отклонений от соосности с точностью 0,09 мм на 6 м, или 3".

Оптические плоскомеры применяют для контроля отклонений от плоскостности и превышений элементов оборудования.

Оптические струны предназначены для контроля отклонений от прямолинейности и соосности. Объективы этих приборов обладают свойствами, позволяющими исключить погрешности измерений, возникающие при перефокусировке. Технические характеристики оптических струн и плоскомеров приведены в табл. 41.

С помощью оптических струн возможны измерения отклонений от прямолинейности и соосности в двух перпендикулярных направлениях.

Для контроля отклонений от плоскостности точных поверхностей и направляющих длиной до 4 м разработаны оптические линейки ОЛ с погрешностями измерений 0,5—2,5 мкм.

Для переноса точек с одного монтажного горизонта на другой, точной установки приборов и марок над заданной точкой применяют *оптические центриры* (табл. 42).

При контроле отклонений от прямолинейности направляющих применяют струну с микроскопом. Струну располагают так, чтобы в крайних положениях микроскопа ее изображения совпадали с перекрестием нити окулярного микрометра. Отклонения от прямолинейности поверхности в различных ее точках вызывают соответствующие

41. Технические характеристики оптических струн и плоскомеров

Показатель	Модель					
	плоскомеров			оптических струн		
	ИС-41М	ОП-1	ИС-45	ДП-477М	ДП-725	ОС-3М
Погрешность измерения, "	±1	±0,5	±1	±0,5	±0,2	±0,8
Размер поверяемых поверхностей, м	5×5	5×5	10×20	0,2—30	0,2—50	0,5—30
Диапазон измеряемых отклонений по микрометру, мм:						
трубы	±0,5	±0,5	±0,4	±0,5	±0,5	±0,4
марки	±5,0	±5,0	±5,0	±5,0	±5,0	±5,0
Цена деления отсчетного барабана микрометра, мм:						
трубы	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
марки	0,010	0,010	0,010	0,050	0,010	0,01

щие смещения перекрестия относительно струны. При больших расстояниях вместо микроскопа используют специальные *оптические центрирующие приборы* (ОЦП).

При значительном расстоянии от струны до контролируемых точек для измерений применяют специальные

42. Технические характеристики оптических центриров

Параметр	Модель	
	ЦО-1	ЦО-30
Средняя квадратическая погрешность установки оси, "	1±0,2	30±5
Увеличение оптической системы, крат	30±5	3±1
Диаметр выходного окуляра оптической системы, мм	1,2	
Наименьшее расстояние визирования, м	1,5	0,5
Диапазон рабочих температур, °С	-40÷+50°	
Масса центрира, кг:		
с подставкой	4	2
с укладочным футляром	8	4

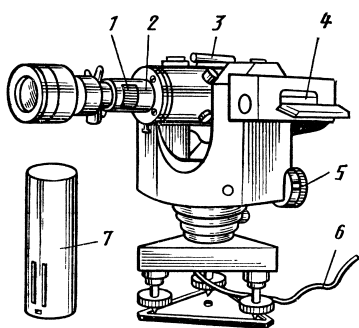


Рис. 20. Лазерный визир ЛВ-5М:

1 — коллиматор; 2 — узел фокусировки; 3 — оптический визир; 4 — уровень; 5 — винт установки наклона; 6 — кабель; 7 — кожух коллиматора

оптические центрирующие приборы «ОЦП-Зенит, разработанные МИИГАиК, или прибор PZL (ГДР). Применяя такой метод, можно уменьшить средне-квадратическую погрешность измерений до 0,12 мм.

Лазерные приборы. Для контроля отклонения формы и расположения элементов машин и агрегатов с помощью лазерных измерительных систем в качестве измерительной базы или опорного направления (реперной оси) используют пучок излучения лазера.

Среди существующих лазерных приборов могут быть выделены:

измерительные системы для выверки узлов оборудования и конструкций, включающие лазерные геодезические приборы и приборы для контроля отклонений от плоскостности, параллельности, перпендикулярности, соосности и расположения поверхностей;

приборы для измерения линейных размеров;

дальномеры;

контурные измерительные системы;

измерители перемещений.

Применяемые при монтаже машин и агрегатов конструкции лазерных геодезических приборов в зависимости от вида геодезических работ, выполняемых с их применением, делятся на четыре группы: визиры, приборы вертикального проектирования, нивелиры и теодолиты.

Лазерными визирами называются приборы, позволяющие задавать оптическим лучом определенное направление в пространстве — опорную линию (реперную ось), относительно которой производят необходимые измерения.

Наиболее распространен серийно выпускаемый лазерный визир ЛВ-5М, созданный на основе лазера ОКГ-13 (рис. 20). Конструкция прибора ЛВ-5М максимально приближается к конструкциям теодолитов.

Лазерный визир ЛВ-5М можно применять в сочетании с визуальными и фотоэлектрическими методами индикации оси светового луча. Прибор имеет следующую характеристику:

Диапазон расстояний, м:	
при визуальной регистрации	1—200
при фотоэлектрической регистрации	1—1000
Диапазон поворота, °:	
вертикального	—15÷+15
горизонтального	0÷360
наводящими механизмами	—5÷+5
Цена деления:	
шкал микрометров, "	15
уровня при излучателе на 2 мм смещения пузырька, "	15—20
круглого уровня, "	5—7
Мощность излучения, мВт	0,25
Диаметр луча, мм на 200 м	20
Напряжение электрического питания от сети, В:	
переменного тока частотой 50 Гц	220
постоянного тока (от аккумулятора)	12
Диапазон рабочих температур, °С (при влажности до 80%)	—30÷+40
Габаритные размеры, мм	400×192×255
Масса, кг:	
прибора	6
комплекта в укладочном ящике	28

Лазерные нивелиры. При монтаже оборудования наиболее часто используют нивелиры с лазерными насадками, установленными на зрительной трубе. Насадка представляет собой лазер, снабженный собственной теле-

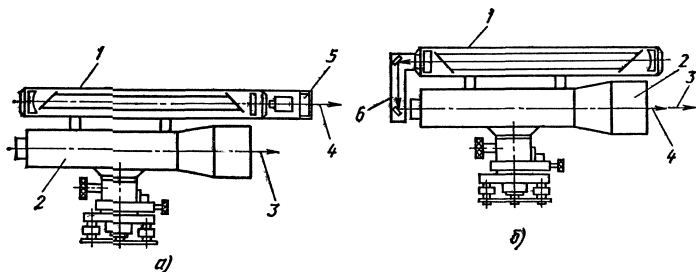


Рис. 21. Насадки к нивелирам с лазерным лучом, параллельным (а) или совмещенным (б) с визирной осью:

1 — лазерная насадка (излучатель); 2 — зрительная труба нивелира; 3 — визирная ось; 4 — лазерный луч; 5 — коллиматор; 6 — система призм или зеркал

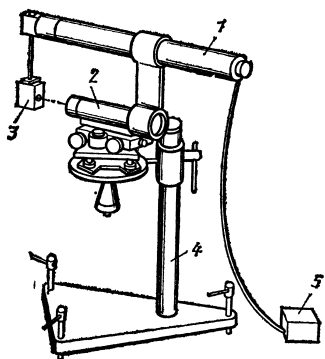


Рис. 22. Лазерная приставка ПЛ-1 с нивелиром НЗ:

1 — лазерная приставка ПЛ-1; 2 — нивелир; 3 — откидывающаяся пентапризма; 4 — универсальная подставка; 5 — блок питания

скопической системой (коллиматором) или оптической системой (линз или зеркал), направляющей лазерный луч в окуляр зрительной трубы. В первом случае крепление насадки 1, снабженной коллиматором 5 (рис. 21, а), на трубе 2 нивелира выполняют таким образом, чтобы обеспечить параллельность оси лазерного луча 4 оси цилиндрического уровня нивелира и визирной оси 3 зрительной трубы нивелира. При этом ось лазерного пучка и визирная ось должны располагаться в одной вертикальной плоскости. При такой схеме сохраняется зрительная труба для наблюдения за положением лазерного пятна. Кроме того, если нивелир снабжен контактным уровнем и изображение пузырька находится в поле зрения трубы, то наблюдатель может контролировать его положение, так как доступ к окуляру свободен.

Во втором случае система призм или зеркал 6 (рис. 21, б) направляет лазерный луч от насадки 1 в окуляр зрительной трубы 2 нивелира. При этом ось 3 будет совмещена с визирной осью нивелира. В таких схемах уменьшается масса прибора, так как функцию коллиматора выполняет зрительная труба нивелира.

Построенную по аналогичной схеме лазерную приставку ПЛ-1 используют с нивелиром НЗ (рис. 22).

Основная техническая характеристика лазерной приставки ПЛ-1

Длина волны лазерного излучения, мкм	0,63
Мощность излучения, МВт	Не менее 07
Время подготовки к работе, мин	15
Средний ресурс, ч	Не менее 3000
Дальность действия, м	200
Точность визуального определения центра светового пятна на расстоянии 200 м, мм	Не более 3
Габаритные размеры, мм:	
излучателя	460×170×174

источника питания	252×120×163
Масса, кг:	
излучателя	Не более 3
источника питания	» » 3,5

К лазерным нивелирам относится прибор ЛВ6, в котором зрительная труба является одновременно передающим и фокусирующим элементом. Через окуляр зрительной трубы можно проводить наблюдения. С помощью пентапризмы прибор позволяет направить лазерный луч вертикально. Характеристика лазерного визира ЛВ6 следующая:

Дальность действия днем при методах регистрации отклонений, м:	
визуальных	2—200
фотоэлектрических	2—1000
Мощность излучения, МВт, не менее	0,25
Угловое расхождение сфокусированного лазерного луча, " , не более	30
Наибольший угол поворота прибора, °:	
в горизонтальной плоскости	360
в вертикальной плоскости	30
в горизонтальной, в вертикальной плоскостях наводящими механизмами	30
Цена деления:	
отсчетного микрометра измерения вертикальных углов, "	1
цилиндрического контактного уровня, "	15
круглого уровня, '	5
Масса, кг	7,0

Существуют и другие схемы установки лазерных насадок. С помощью специальных лазерных нивелиров при выверке и разметке можно создавать измерительную базовую опорную плоскость путем развертки, сканирования или вращения лазерного луча вокруг оси прибора. Принцип вращения луча для задания горизонтальной или вертикальной плоскости использован в зарубежных приборах или приставкам к ним, а также в приборе ПГЛ-1 (рис. 23). Прибор обеспечивает создание световой горизонтальной плоскости, световой линии в горизонтальной и вертикальной плоскостях и может применяться для разметки и предварительной выверки элементов технологического оборудования или металлоконструкций на одном уровне.

Характеристика лазерного прибора ПГЛ-1	
Диапазон расстояний от прибора до марки, м	0—200
Погрешность определения превышения от пучка лазера	

до контролируемой поверхности, мм	± 3
Максимальное отклонение лазерного пучка от вертикали и горизонтали, "	± 20
Диапазон:	
задания уклона оптическим модулем, °	0—5
углов сканирования пучка лазерного излучения (с манипулятором), °	30—180
частот сканирования пучка лазерного излучения, Гц	2—5
Напряжение электрического питания, В:	
от сети переменного тока	12, 36, 220
от сети постоянного тока (аккумуляторных батарей)	12
Масса, кг:	
передатчика	5,3
штатива	6,6
блока питания	4,9
измерительной рейки	1,6
импульсного манипулятора	0,6
оптического модуля	0,6

Лазерные теодолиты применяют для задания и разбивки осей промышленных объектов, а также непосредственно при монтаже оборудования для контроля правильности его установки в проектное положение и задания технологических монтажных осей. Обычно применяют приборы на базе оптических теодолитов. Перспективно применение световодов с окулярными насадками, что позволяет использовать в качестве лазерных приборов практически любые теодолиты.

Лазерную окулярную насадку устанавливают на зрительную трубу теодолита вместо окуляра, а излучатель крепят к одной из ножек штатива.

Лазерные отвесы, или приборы вертикального проектирования, служат для передачи плановых координат на различные мон-

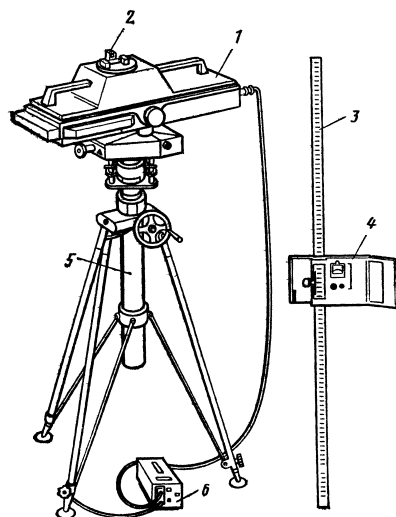


Рис. 23. Лазерный прибор ПГЛ-1

1 — лазер в корпусе; 2 — вращающаяся головка; 3 — рейка; 4 — фотоэлектрическая мишень-датчик; 5 — универсальный штатив; 6 — блок питания

тажные горизонты. Использование лазера в приборах вертикального проектирования позволяет увеличить расстояние визирования до сотни метров и более, автоматизировать процесс измерений и повысить его точность. Большинство лазерных отвесов создано на основе других лазерных геодезических приборов, снабженных призмными насадками или системой зеркал для измерения горизонтального направления лазерного пучка на вертикальное (вверх или вниз). Обычно такие насадки устанавливают на нивелиры или теодолиты с уровнем или компенсатором.

Лазерные системы контроля отклонений от прямолинейности и соосности. Примером лазерной измерительной системы для контроля отклонений от прямолинейности и соосности, является лазерная центрирующая измерительная система ЛЦИС-1. Эта система предназначена для выполнения различных работ при монтаже оборудования и конструкций.

Система ЛЦИС-1 снабжена позиционно-чувствительным датчиком с блоком индикации и установочной оснасткой. Система работает на дистанциях до 100 м и обеспечивает точность центрирования $\pm 0,02$ мм на 10 м.

К приборам этого же типа относится лазерный измеритель ЛИПС-1 поперечных смещений, позволяющий контролировать отклонения от прямолинейности и соосности в диапазоне ± 3 мм на расстоянии до 100 м. Фотоэлектрическое регистрирующее устройство у этого прибора имеет чувствительность 0,05 мм.

Дальномеры. При разбивке монтажных осей и выверке крупногабаритного оборудования и строительных конструкций для измерений линейных размеров с невысокой точностью иногда используют оптические геодезические инструменты, зрительные трубы которых имеют оптический дальномер или дальномерные насадки, а также специальные оптические дальномеры.

Для измерений больших расстояний при разбивке осей и монтаже конструкций получают распространение оптико-электронные приборы. В современных светодальномерах в качестве излучателя обычно используют полупроводниковые арсенид-галлиевые светодиоды.