

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ**

**САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА**

**ИЗМЕРЕНИЕ
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ
НА РЫЧАЖНО-МЕХАНИЧЕСКИХ
И ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИБОРАХ**

Методические указания

САМАРА 1993

Составитель Д. Л. Скуратов

УДК 621.753

Измерение геометрических параметров деталей на рычажно-механических и оптико-механических приборах: Метод. указания/Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. Д. Л. Скуратов. Самара, 1993. 28 с.

Приведены конструкции и описаны принципы работы некоторых рычажно-механических и оптико-механических приборов. На примере контроля гладких калибров, типы и конструкции которых содержатся в методических указаниях, изложен относительный метод измерения деталей.

Предназначены для студентов дневного и вечернего обучения факультетов № 1, 2, 3, 4. Подготовлены на кафедре резания.

Цель работы: ознакомление с устройством и принципом работы рычажно-механических (миниметра, микрокатора) и оптико-механических (вертикального и горизонтального оптиметров) приборов, освоение относительного метода измерения деталей на примере контроля гладких калибров.

1. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ РЫЧАЖНО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Для измерения с высокой точностью геометрических параметров деталей невозможно использовать широко применяемые в машиностроении штангенциркули и микрометры, так как цена деления нониусных шкал у первых составляет 0,1 или 0,05 мм, а цена деления барабанчика у вторых 0,01 мм. В связи с этим для точного контроля размеров деталей весьма часто используют рычажно-механические и оптико-механические приборы, к которым относятся миниметры, микрокаторы, вертикальные и горизонтальные оптиметры. Данные приборы применяют, как правило, для измерения по относительному методу, то есть для измерения методом сравнения с мерой, что обусловлено малыми диапазонами показаний шкал приборов.

При относительном методе измерения прибор настраивается на нуль по блоку концевых мер (плиток). Заменяя блок плиток измеряемой деталью, по шкале определяют искомое отклонение ΔX .

Для определения действительного размера детали X необходимо к размеру блока плиток A прибавить или отнять от него (в зависимости от направления смещения нулевого штриха) полученное отклонение:

$$X = A \pm \Delta X.$$

1.1. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ МИНИМЕТРА И МИКРОКАТОРА

Миниметр и микрокатор — это рычажно-механические измерительные приборы, преобразующие малые отклонения размеров изделий в удобные для отсчета перемещения стрелки по шкале.

Конструкция миниметра, схема которого представлена на рис. 1, основана на применении неравноплечего рычага. Малым плечом a является расстояние между подвижной 2 и неподвижной 4 ножевыми опорами, которые входят в V-образные вырезы составной призмы 3. Большим плечом является расстояние L от конца стрелки 8 до опорного ножа 4. Измерительный стержень 1 прибора через качающуюся опору 2 связан с призмой 3, которая может поворачиваться вокруг острия неподвижной опоры 4. При этом происходит поворот рамки 5 и связанной с ней стрелки 8 относительно

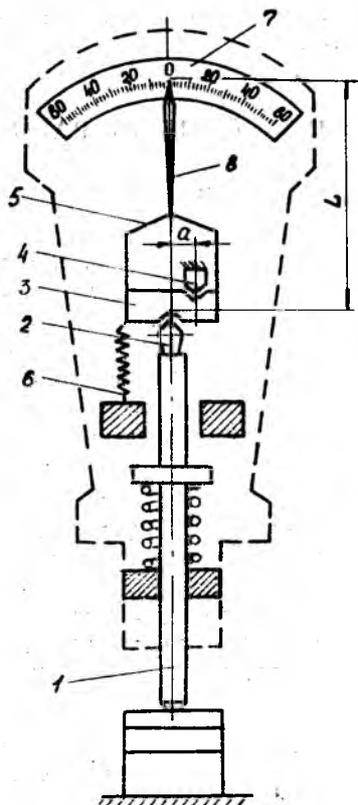


Рис. 1. Схема миниметра

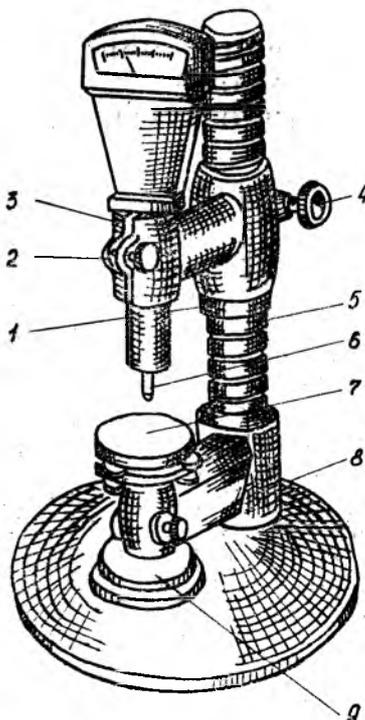


Рис. 2. Общий вид миниметра со стойкой

но шкалы 7. Измерительная сила создается пружиной 6, она равна 400 сН.

Передаточное отношение или увеличение миниметра определяется по формуле $K^* = L/a$.

На рис. 2 представлен общий вид миниметра со стойкой типа С-II. Головка миниметра закрепляется винтом 2 в кронштейне 3, который может перемещаться по колонке 5 и крепится винтом 4. Установка прибора на нуль производится следующим образом: блок из концевых мер, собранный на необходимый размер, притирается к столику 7; при этом винт 8 должен быть ослаблен; после этого, вращая гайку 1, кронштейн опускают до соприкосновения измерительного наконечника 6 с верхней измерительной поверхностью блока, и в этом положении кронштейн закрепляют винтом 4. Точная установка стрелки прибора в нулевое положение производится гайкой 9, после чего столик закрепляется винтом 8.

Схема пружинной измерительной головки ИГП — микрокатора приведена на рис. 3. Микрокаторы применяют для высокоточных относительных измерений размеров, а также отклонений форм изделий со стойками С-I и С-II и приспособлениями, имеющими присоединительный размер 28 мм.

В качестве чувствительного элемента в микрокаторах (см. рис. 3,а) используется специальная ленточная пружина 2, завитая спирально от середины в разные стороны и закрепленная по концам на плоских пружинах. К середине пружины прикреплена стрелка 3. Перемещение измерительного стержня 7 вызывает изменение длины пружины 2 и поворот ее средней части. Смещение стрелки относительно шкалы прибора пропорционально перемещению измерительного стержня. Преимущества пружинных передач: высокая чувствительность ленточных пружин, обеспечивающая большую точность измерений; отсутствие внешнего трения и минимальная разность прямого и обратного хода.

Как видно из рис. 3,а, ленточная пружина 2 закреплена на угольнике 1 и консольной пружине 4, установленной на угловом выступе. Изменяя положение пружины 4 с помощью винтов, которыми она крепится к выступу, регулируют натяжение ленточной пружины и устанавливают прибор на нуль. Измерительный стержень 7 подвешен на мембранах 6 и жестко связан с угольником 1. Перемещение стержня вызывает поворот угольника вокруг точки а и растяжение пружины. Измерительное усилие создается пружиной 5.

Пружинная передача микрокатора (рис. 3,б) размещена в корпусе 1, к которому присоединена измерительная гильза 5. Положение шкалы 2 регулируется в пределах ± 5 делений винтом 4 для установки прибора на нуль. Указатели 3 поля допуска пере-

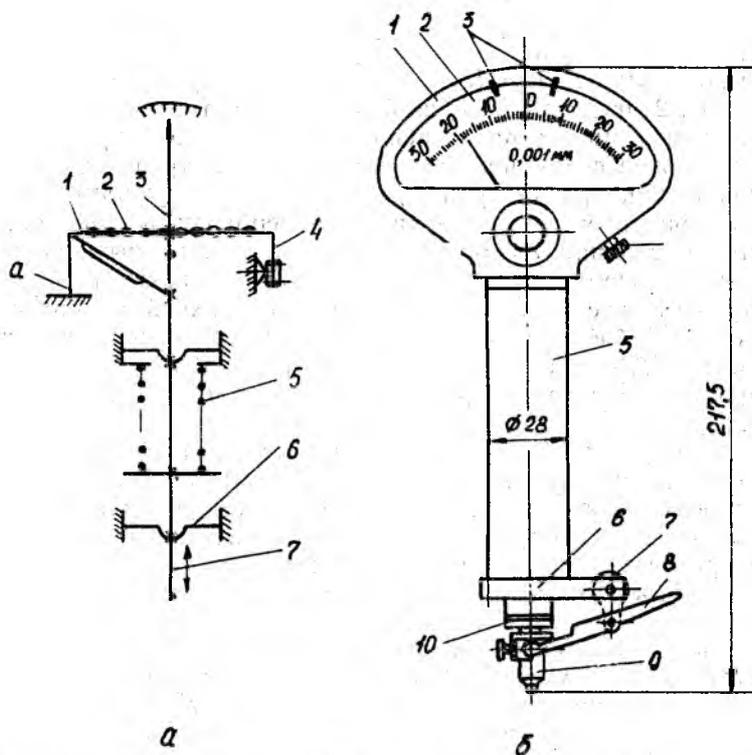


Рис. 3. Пружинная измерительная головка ИГП — микрокатор: а — схема; б — внешний вид

мешаются рычажками, расположенными на задней стороне корпуса. На конце гильзы с помощью хомута 6, зажимаемого винтом 7, установлен арретир 8, соединенный измерительным наконечником 9 со сферической поверхностью. Фиксатором 10 измерительный стержень зажимают при транспортировании.

Основные параметры пружинных измерительных головок (микрокаторов) различных типов приведены в табл. 1.

Выпускают также микрокаторы ИГПУ и ИГПР с уменьшенным и регулируемым измерительным усилием, ИГПГ с герметизированным корпусом и ИГПВ виброустойчивые.

Методика настройки микрокаторов по блоку концевых мер и методика измерения размеров деталей аналогичны используемым при работе с миниметрами.

Основные параметры микрокатров различных типов

Тип головки	Цена деления шкалы, мкм	Диапа- зон из- мерений, мкм	Допускаемая погрешность на любом участке шкалы, мкм		Размах показаний в делениях шкалы
			Число делений		
			До 30	Св. 30	
01 ИГП	0,1	± 4	0,1	0,15	1/3
02 ИГП	0,2	± 6	0,15	0,2	
05 ИГП	0,5	± 15	0,25	0,4	
1 ИГП	1	± 30	0,4	0,6	1/4
2 ИГП	2	± 60	0,8	1,2	
5 ИГП	5	± 150	2,0	3,0	
10 ИГП	10	± 300	3,0	5,0	

1.2. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ОПТИМЕТРА

Оптиметр предназначается главным образом для измерений наружных и внутренних размеров методом сравнения с концевыми мерами, калибрами или деталями-образцами, но может также с успехом применяться в качестве индикатора для проверок различных установок, требующих высокой точности измерений.

Устройство прибора основано на сочетании принципов автоколлимации и оптического рычага.

Конструктивно оптиметр представляет собой коленчатую металлическую трубку, внутри которой установлены измерительная головка с колебательной системой зеркала и оптические детали автоколлимационной системы.

Оптическая схема оптиметра с окулярным отсчетом и его шкала показаны на рис. 4. Световой поток от внешнего источника света А, отразившись от зеркала 3, через призму 2 полного внутреннего отражения освещает шкалу, нанесенную на левой стороне окулярной сетки 4, которая находится в фокальной плоскости объектива 6. Сеткой называется стеклянная пластина, на которой различными способами нанесены деления шкалы. Призма 5 поворачивает ход лучей на 90° и позволяет придать трубке удобную форму колена. Световой поток проходит через объектив и, отразившись от зеркала 7, дает автоколлимационное обратное изображение шкалы в правой части окулярной сетки, на которой нане-

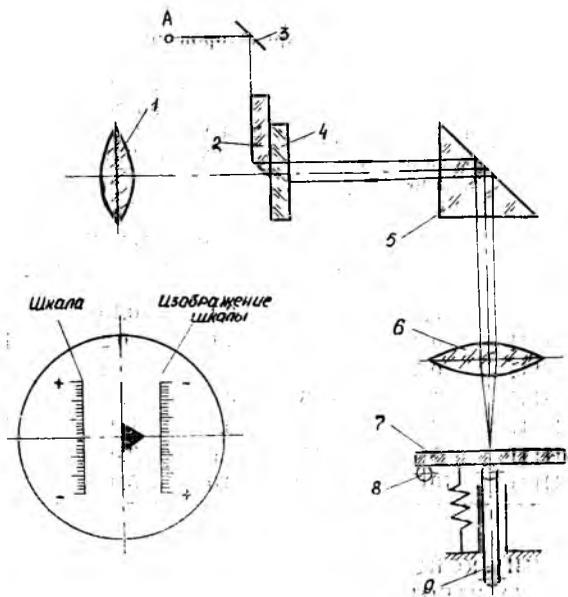


Рис. 4. Оптическая схема оптиметра с окулярным отсчетом и его шкала

сен указатель. То есть принцип автоколлимации — это свойство объектива превращать пучок расходящихся лучей, исходящих из точечного источника света, расположенного в фокусе объектива, в пучок параллельных лучей, который после отражения зеркалом собирается в том же фокусе объектива. Увеличенное изображение шкалы наблюдается через окуляр оптиметра 1. Зеркало 7 прижимается двумя пружинами к шарикам 8 и измерительному стержню 9.

Если плоскость зеркала 7 располагается перпендикулярно главной оптической оси (такое положение зеркала принимает при настройке оптиметра по блоку плиток), то исходная шкала и ее изображение будут находиться на одном уровне по вертикали, и нулевой штрих изображения шкалы будет совпадать с указателем.

Если при измерении окажется, что размер детали отличается от размера блока концевых мер, то измерительный стержень 9 переместится вверх или вниз, зеркало при этом отклонится на некоторый угол a и изображение шкалы сместится по вертикали относительно указателя.

Величина смещения будет соответствовать отклонению действительного размера детали от размера блока концевых мер, по которому был настроен оптиметр.

Для того, чтобы преобразовать малые перемещения измерительного стержня в значительные перемещения изображения шкалы, в конструкции оптиметра используется принцип оптического рычага: малым плечом рычага является расстояние l от точки опоры качающегося зеркала 7 до оси измерительного стержня 9, большим — фокусное расстояние объектива f .

В оптиметрах фокусное расстояние $f = 200$ мм, а длина механического рычага $l = 5$ мм, что обеспечивает передаточное отношение $S = 2f/l = 2 \cdot 200/5 = 80$. Шкала оптиметра имеет число делений $n = 200$ с интервалом делений $a = 0,08$ мм. Цена деления $C = a/S = 0,08/80 = 0,001$ мм. Увеличение окуляра $z = 12\times$ обеспечивает удобное наблюдение шкалы. Видимый интервал деления шкалы составляет $a' = az^x = 0,08 \cdot 12 = 0,96$ мм. Пределы измерений по шкале $\pm Cn/2 = \pm 0,001 \cdot 200/2 = \pm 0,1$ мм.

Оптиметры используют в сочетании с вертикальными стойками и горизонтальными штативами.

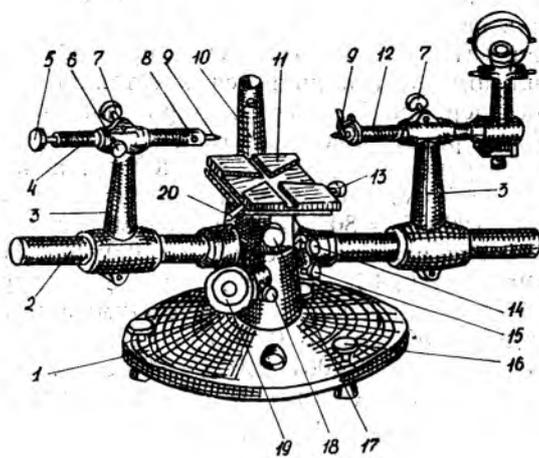
Оптиметры на вертикальной стойке типа С-II, или, как принято для краткости называть, «вертикальные оптиметры», могут с одинаковым успехом применяться в лабораториях точных измерений и на контрольно-измерительных участках цехов.

Вертикальные оптиметры применяют для точного измерения наружных размеров изделий: длины плоскопараллельных концевых мер, диаметров гладких калибр-пробок, резьбовых калибров, шариков и проволок, толщины тонких листов и т. п. Порядок настройки прибора и измерений такой же, как для миниметров и микрокаторов.

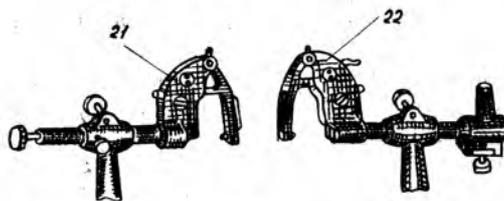
Горизонтальный оптиметр (рис. 5) позволяет измерять наружные размеры до 300 мм и внутренние диаметры в пределах от 13,5 до 150 мм.

На массивном основании 1 закреплены горизонтальные направляющие 2, по которым перемещаются и фиксируются в нужном положении кронштейны 3. В кронштейнах винтами 7 зажаты пиноль 4 и трубка 12 оптиметра. Изделие устанавливают на стол 11 между измерительными наконечниками 9, закрепленными на стержнях пинולי и оптиметра. Стержень пинולי перемещают микровинтом 5 и фиксируют винтом 6. Стол 11 имеет механизм для перемещения в трех взаимно перпендикулярных направлениях и для вращения вокруг поперечной горизонтальной и вертикальной осей. Вертикальное перемещение стола выполняют вращением ручки 19, ограничивают винтом 14 и фиксируют винтом 18.

Поперечное перемещение стола осуществляется вращением винта 13. В продольном направлении свободно перемещается только накладная верхняя часть стола, установленная на шариковых опорах. Вокруг вертикальной оси стол поворачивают ручкой 20. Покачивание относительно поперечной горизонтальной оси осуществ-



а



б

Рис. 5. Горизонтальный оптиметр: а — устройство; б — с приспособлением ИП-3

ляют эксцентриком 17. В установленном положении стол фиксируют винтом 15. Вертикальный штатив 10 служит для установки приспособлений, например упора при проверке серий изделий одинакового размера. Регулируемыми винтами 16 устанавливают штатив в горизонтальное положение по уровню.

Перед измерением взаимное положение наконечников регулируют так, чтобы оси стержней пиноли и оптиметра находились на одной прямой. Для этого между наконечниками на столе устанавливают концевую меру размером 0,5...2 мм. Перемещая крыштейны 3 и пиноль 4, наконечники приводят в соприкосновение с поверхностями меры. Микровинтом 5 устанавливают шкалу оптиметра приблизительно на нуль. Регулировку выполняют винтами 8, расположенными под углом 90°, которые смещают стержень пиноли в радиальных направлениях. Вращая отверткой поочередно винты 8, добиваются наибольшего показания оптиметра

для сферических наконечников и наименьшего показания для плоских.

При установке оптиметра на нуль по блоку концевых мер длины линия измерения должна проходить перпендикулярно к измерительным граням мер. Предметный стол с блоком мер и кронштейны устанавливают в положение, при котором измерительные наконечники пиноли и трубки соприкасаются в срединной точке мер. Микровинтом 5 устанавливают шкалу прибора в положение около нулевой точки. Поочередными поворотами стола вокруг вертикальной оси ручкой 20 и покачиваниями стола эксцентриком 17 добиваются наименьшего показания оптиметра. Затем, вращая винт 5 пиноли, устанавливают шкалу на нулевое положение. Отводя наконечник оптиметра арретиром, проверяют правильность установки нулевого положения.

При измерении наружных размеров установку изделия в правильное положение по отношению к линии измерения осуществляют несколькими способами в зависимости от формы изделия.

1. Измерение размеров плоскопараллельных изделий, например поверку концевых мер длины, выполняют так же, как установку оптиметра на нуль. Поворотами и наклонами стола добиваются наименьших показаний оптиметра, которые будут соответствовать отклонению длины от установочной меры. При этом линия измерения перпендикулярна к параллельным плоскостям изделия.

2. При измерении наружных диаметров цилиндрических изделий, например калибр-пробок, линия измерения должна пересекать ось изделия под прямым углом. Цилиндр следует устанавливать так, чтобы его ось была параллельна или вертикальна поверхности стола. В первом случае после установки оптиметра на нуль по блоку концевых мер измерительный наконечник оптиметра отводят арретиром, меры снимают, стол опускают вниз и изделие закрепляют на столе в горизонтальном положении с помощью струбины. Затем стол устанавливают в положение, при котором измерительные наконечники касаются цилиндра по диаметру. Для этого ручкой 19 (см. рис. 5) перемещают стол в вертикальном положении, добиваясь наибольших показаний по шкале оптиметра. При этом линия измерения должна пересекать ось изделия.

Затем поворотами стола ручкой 20 добиваются наименьших показаний оптиметра, при которых ось изделия перпендикулярна оси измерения. Так как предшествующая установка при этом может быть нарушена, измерения повторяют и продолжают до тех пор, пока наибольшее показание при перемещении стола не совпадет с наименьшим показанием при повороте. Если цилиндр ставят на стол так, что его ось перпендикулярна к плоскости стола,

то стол перемещают в поперечном направлении, перпендикулярно к оси измерения, вращая винт 13 и покачивая стол эксцентриком 17. Наибольшее показание при перемещении должно совпасть с наименьшим показанием при покачивании.

3. При измерении шариков линия измерения должна проходить через центр сферы. Стол перемещают в вертикальном и поперечном направлениях до тех пор, пока наибольшие показания оптиметра при этих операциях не совпадут.

Внутренние размеры изделий калибр-колец, скоб и т. п. на горизонтальном оптиметре измеряют с помощью приспособления ИИ-3, которое состоит из двух почти одинаковых дуг 21 и 22, надеваемых на пиноль и трубку оптиметра (рис. 5, 6). На стержни пинюли и оптиметра при этом устанавливают плоские наконечники. Дуга, которую надевают на трубку оптиметра (рис. 6), со-

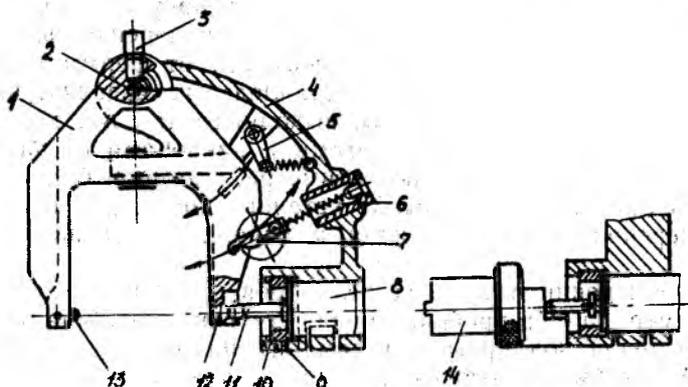


Рис. 6. Приспособление для измерения внутренних размеров

стоит из кронштейна 4 и серьги 1, представляющей собой П-образный рычаг с измерительным наконечником 13 на конце. Серьга крепится винтом 3 на оси 2, которая поворачивается на шарикоподшипниковых опорах кронштейна 4. Кронштейн надевают на трубку 8 оптиметра до упора в резьбовое кольцо 10, положение которого во втулке кронштейна фиксируется винтом 9. Пружина 6 через захват 7 прижимает шарик 12 серьги 1 к плоскому наконечнику 11 трубки. Отвод серьги осуществляют рычагом 5 арретира. Положение кронштейна на трубке проверяют установочным калибром 14. Калибр упирают во втулку кронштейна. Если показания оптиметра выходят за пределы ± 5 мкм или изображение шкалы не перемещается в поле зрения, то освобождают стопорный винт 9, и, пользуясь обратной стороной установочного калиб-

ра 14 как торцовым ключом, регулируют положение резьбового кольца 10.

Измерение внутренних размеров на горизонтальном оптиметре производится методом сравнения с концевыми мерами. При этом в качестве образцовой меры применяется скоба, составленная из концевых мер (плиток) и особых боковничков, притираемых друг к другу и закрепляемых в специальной державке; объектами измерений в этих случаях обыкновенно служат калибр-кольца и скобы.

При настройке оптиметра кронштейны сдвигаются так, чтобы выступ серьги пиноли вошел в паз серьги оптиметра; если при этом обнаружится перекосяк, то освобождаются зажимные винты и поворачиваются кронштейны, чтобы выступ и паз совместились, а серьги заняли вертикальное положение. Шкала оптиметра должна быть в это время в правой стороне поля зрения окуляра.

На стол устанавливается составленная из концевых мер по заданному номинальному размеру калибр-скоба и закрепляется струбциной. Скоба движением стола вводится на лицевую поверхность дуг так, чтобы концы их находились между боковниками скобы, а «плавающий» стол — в среднем положении. Затем кронштейны 3 (см. рис. 5) раздвигают и закрепляют в положение, когда датчик коснется боковников, а изображение шкалы оптиметра переместится в левую сторону поля зрения окуляра. Вращением микровинта 5 изображение шкалы устанавливают на нуль и пиноль закрепляют винтом 6.

Последовательность перемещений стола при точной установке на размер по блоку концевых мер и измерении калибр-скобы такая же, как при измерениях наружных размеров изделий с плоскими поверхностями. При измерениях внутренних диаметров изделий и установке на нуль по кольцу стол перемещают так же, как при измерениях наружных цилиндров.

2. ГЛАДКИЕ КАЛИБРЫ И ИХ ИЗМЕРЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ РЫЧАЖНО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

2.1. ТИПЫ И КОНСТРУКЦИИ КАЛИБРОВ

Годность деталей с допуском от IT6 до IT17, особенно при массовом и крупносерийном производствах, наиболее часто проверяют предельными калибрами, преимуществом которых является экономичность и высокая производительность измерений.

Калибры — это бесшкальные измерительные инструменты, с помощью которых проверяют размеры гладких цилиндрических, конусных, резьбовых и шлицевых деталей, глубин и высот высту-

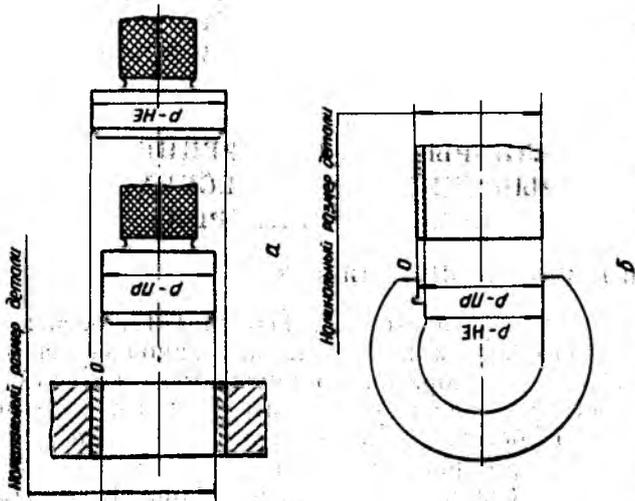


Рис. 7. Схема для выбора номинальных размеров предельных гладких калибров: а — калибр-пробка; б — калибр-скоба

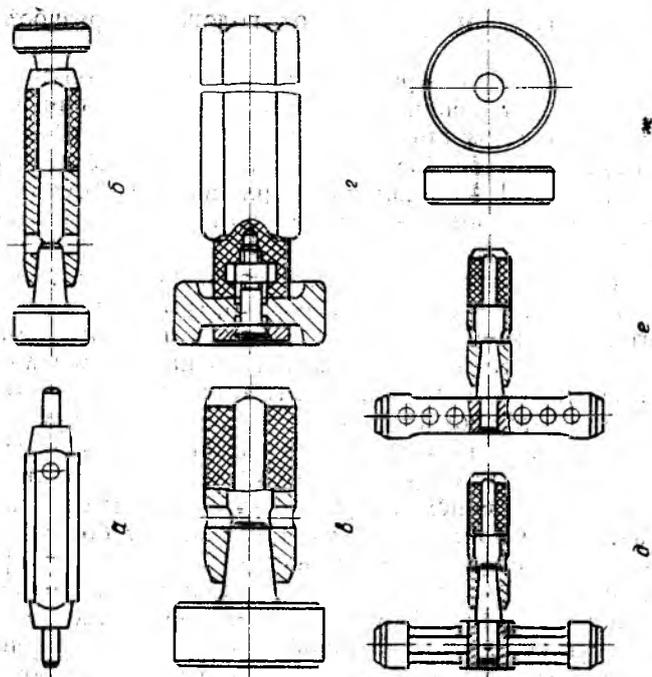


Рис. 8. Основные типы калибр-пробок для контроля отверстий и контрольный калибр к скобам: а — пробка двухсторонняя со вставками ($D = 1,6$ мм); б — пробка двухсторонняя со вставками ($D = 3,50$ мм); в — пробка двухсторонняя (непроходная) со вставками ($D = 52,75$ мм); г — пробка штампованная проходная (непроходная) с насадками ($D = 52,100$ мм); д — пробка проходная (непроходная) неполная ($D = 102(75) \dots 160$ мм); е — пробка проходная (непроходная) полная ($D = 102(75) \dots 300$ мм); ж — шайба полная ($D = 18 \dots 100$ мм)

пов, а также расположение поверхностей и другие параметры. Их применяют для ручного контроля и широко — в автоматических средствах контроля деталей.

Комплект рабочих предельных калибров для контроля размеров гладких цилиндрических деталей состоит из проходного калибра Р—ПР (им контролируют предельный размер, соответствующий максимуму материала проверяемого объекта, рис. 7) и непроходного калибра Р—НЕ (им контролируют предельный размер, соответствующий минимуму материала проверяемого объекта).

Для контроля размеров отверстий применяют калибр-пробки (см. рис. 7,а). Номинальным размером проходной стороны Р—ПР является наименьший предельный размер отверстия, непроходной стороны Р—НЕ — наибольший предельный размер отверстия. Основные типы калибр-пробок для контроля отверстий показаны на рис.8.

Для контроля размеров валов применяют калибр-скобы (см. рис. 7,б). Номинальным размером проходной скобы Р—ПР явля-

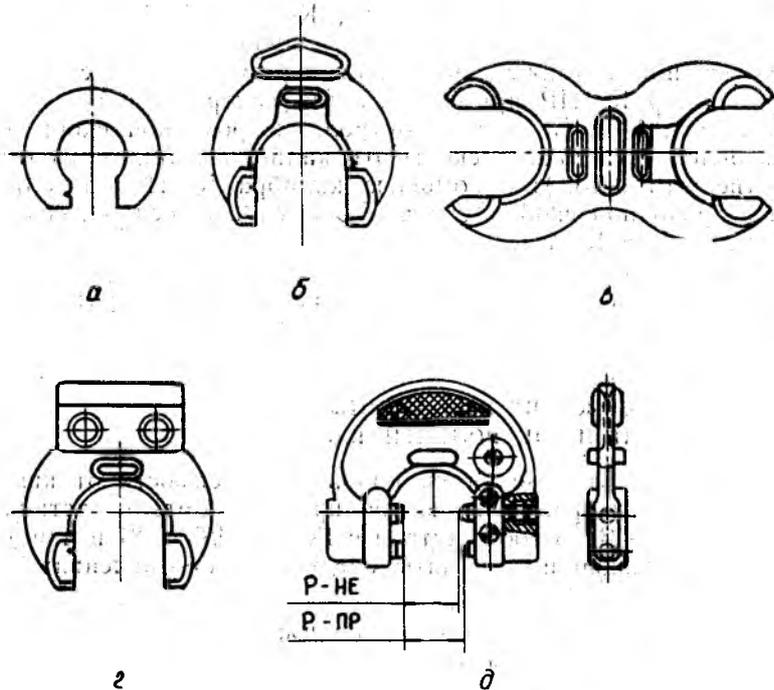


Рис. 9. Основные типы калибр-скоб для контроля валов: а — скоба односторонняя ($D=1...180$ мм); б — скоба штампованная односторонняя $D=3...50$ мм); в — скоба штампованная двусторонняя ($D=3...100$ мм); г — скоба с ручкой штампованная односторонняя ($D=50...170$ мм); д — скоба односторонняя регулируемая (диапазон контролируемых размеров от 0 до 340 мм)

ется наибольший предельный размер вала, непроходной стороны $P-HE$ — наименьший предельный размер вала. Конструкции калибр-скоб приведены на рис. 9.

Деталь считают годной, если проходной калибр (проходная сторона калибра) под действием собственного веса или усилия, примерно равному ему, проходит, а непроходной калибр (непроходная сторона) не проходит по контролируемой поверхности детали. Калибром неполного профиля (скобой, неполной пробкой) контролируют деталь в некотором выбранном количестве сечений.

Валы и отверстия с допуском $IT5$ и точнее не рекомендуется проверять калибрами, так как они вносят большую погрешность измерения. Такие детали проверяют универсальными измерительными средствами.

По назначению калибры разделяют на рабочие и контрольные.

Рабочие калибры ($P-PP$, $P-HE$) применяются для проверки размеров детали.

Контрольные калибры ($K-PP$, $K-HE$, $K-I$) предназначены для контроля размеров скоб в процессе их изготовления и эксплуатации, а также для установки регулируемых скоб на размер: калибр $K-PP$ применяется для контроля рабочей проходной скобы; $K-HE$ — для контроля непроходной скобы при ее изготовлении (в годные скобы эти калибры должны входить под собственным весом); с помощью калибра $K-I$ контролируется износ проходной скобы (скоба считается изношенной, если в нее входит калибр $K-I$).

Контрольные калибры для пробок не предусмотрены, так как контроль пробок в процессе изготовления и эксплуатации легко осуществляется с помощью универсальных приборов (миниметра, микрокатра, оптиметра и др.).

2.2. РАСПОЛОЖЕНИЕ ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ НА РАБОЧИЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ КАЛИБРЫ

Допуски и отклонения калибров в зависимости от качества и номинального размера контролируемой детали установлены ГОСТ 24853—81. В соответствии с ГОСТ 24853—81 в данных методических указаниях приняты следующие обозначения:

D — номинальный размер изделия;

D_{\min} — наименьший предельный размер изделия;

D_{\max} — наибольший предельный размер изделия;

T — допуск изделия;

H — допуск на изготовление калибров (за исключением калибров со сферическими измерительными поверхностями) для отверстия;

H_s — допуск на изготовление калибров со сферическими измерительными поверхностями для отверстия;

H_v — допуск на изготовление калибров для вала;

- H_F — допуск на изготовление контрольного калибра для скобы;
 Z — отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для отверстия относительно наименьшего предельного размера изделия;
 Z_1 — отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для вала относительно наибольшего предельного размера изделия;
 Y — допустимый выход размера изношенного проходного калибра для отверстия за границу поля допуска изделия;
 Y_1 — допустимый выход размера изношенного проходного калибра для вала за границу поля допуска изделия;
 α — величина для компенсации погрешности контроля калибрами отверстий с размерами свыше 180 мм;
 α_1 — величина для компенсации погрешности контроля калибрами валов с размерами свыше 180 мм.

На рис. 10 и 11 приведены схемы расположения полей допусков калибров для номинальных размеров до 180 мм, а на рис. 12, в качестве примера, — схема расположения полей допусков калибров для контроля отверстий квалитетов 6, 7 и 8 для номинальных размеров свыше 180 мм. Схемы полей допусков калибров для отверстий квалитетов от 9 до 17 и для валов квалитетов от 6 до 17 номинальных размеров свыше 180 мм приведены в ГОСТ 24853—81.

Для проходных калибров установлены два допуска: допуск на неточность изготовления калибра H (H_1) и допуск на износ. Положение поля допуска на неточность изготовления задается координатой Z для калибр-пробок и координатой Z_1 для калибр-скоб. По этим координатам и величинам допусков калибров находят отклонения, определяющие границы их полей допусков.

Для непроходных калибров, которые в процессе контроля изнашиваются незначительно, устанавливается только допуск на неточность изготовления H (H_1), располагающийся симметрично относительно соответствующего предельного размера детали (для размеров до 180 мм).

При размерах до 180 мм для проходных калибров, контролирующих отверстия и валы 6, 7 и 8-го квалитетов, допускается выход размера изношенного калибра за поле допуска изделия на величину, соответственно Y или Y_1 (с целью увеличения срока службы калибра в связи с малой величиной поля допуска на износ). Для изделий от 9-го до 17-го квалитетов граница износа проходных калибров совпадает с пределом максимума материала изделия $Y = Y_1 = 0$. По сравнению с размерами до 180 мм, расположение полей допусков калибров при размерах свыше 180 мм отличается смещением поля допуска непроходного калибра и границы износа проходного калибра внутрь поля допуска изделия на величину, учитывающую погрешность контроля калибрами (α и α_1).

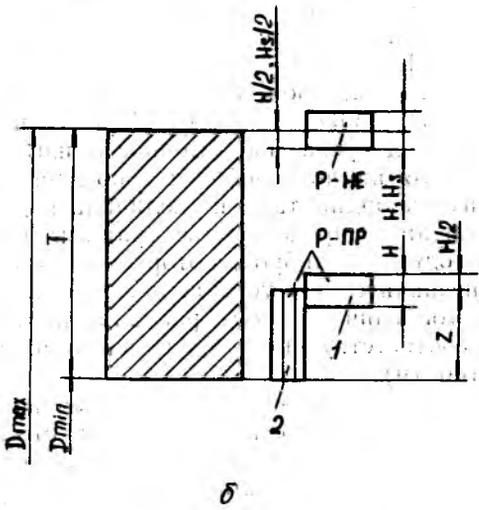
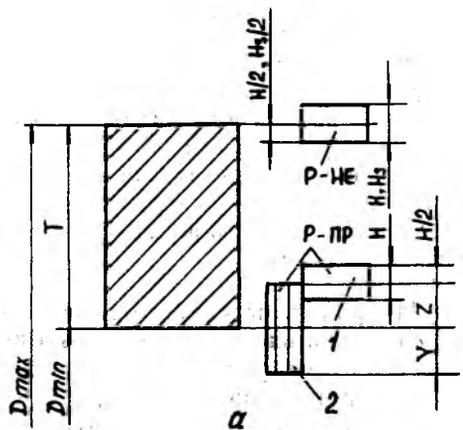


Рис. 10. Схемы расположения полей допусков гладких калибров для отверстий квалитетов *IT6—IT8* (а) и *IT9—IT17* (б) номинальных размеров до 180 мм: 1—поле допуска на неточность изготовления; 2—поле допуска на износ

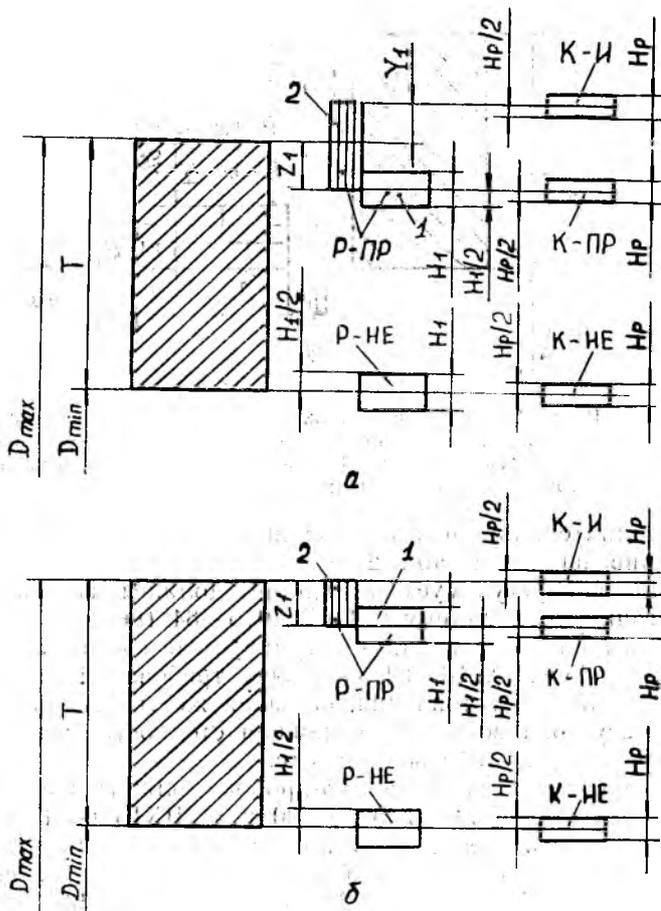


Рис. 11. Схемы расположения полей допусков гладких калибров для валов квалитетов $IT6$ — $IT8$ (а) и $IT9$ — $IT17$ (б) номинальных размеров до 180 мм: 1 — поле допуска на неточность изготовления; 2 — поле допуска на износ

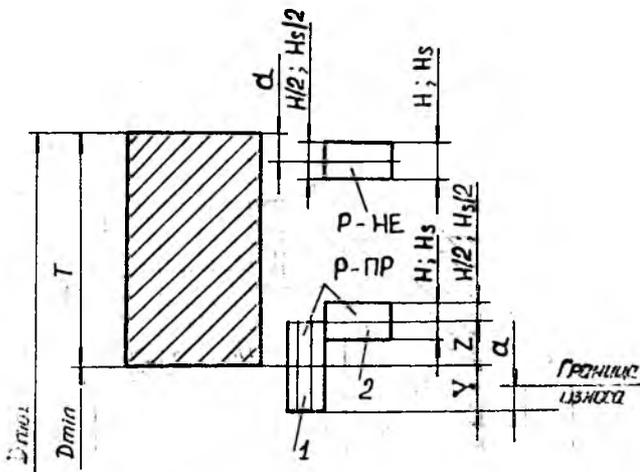


Рис. 12. Схема расположения полей допусков калибров для отверстий квалитетов 6, 7 и 8 для номинальных размеров свыше 180 мм: 1 — поле допуска на неточность изготовления; 2 — поле допуска на износ

Исполнительные размеры калибров определяются по формулам, приведенным в табл. 2.

Гладкие нерегулируемые калибры должны изготавливаться в соответствии с требованиями ГОСТ 2015—84 (некоторые из которых приведены ниже), а гладкие регулируемые калибр-скобы — с требованиями ГОСТ 2216—84. Основные требования к калибрам: высокая точность изготовления, большая жесткость при малой массе, износоустойчивость, коррозионная стойкость, стабильность рабочих размеров, удобство в работе.

Вставки и насадки калибр-пробок должны изготавливаться из стали марки X по ГОСТ 5959—80 или ШХ15 по ГОСТ 801—78. Допускается изготовление вставок и насадок для калибров всех видов, кроме неполных калибр-пробок, получаемых штамповкой, из стали марок У10А или У12А по ГОСТ 1435—90, для калибров диаметром более 10 мм — из стали марок 15 или 20 по ГОСТ 1050—88.

Корпусы калибр-скоб, не имеющие отдельных губок, и губки составных калибр-скоб должны изготавливаться из стали марок 15 или 20 по ГОСТ 1050—88. Допускается их изготовление из стали марок У8А, У10А или У12А по ГОСТ 1435—90. Корпуса калибр-скоб, имеющие отдельные губки, должны изготавливаться из стали марок 35 или 40 по ГОСТ 1050—88.

Твердость измерительных поверхностей калибров должна быть

Формулы для определения исполнительных размеров калибров

Калибр	Номинальный размер изделия, мм								
	до 180			св. 180 до 500					
	Рабочий калибр		Контрольный калибр		Рабочий калибр		Контрольный калибр		
Размер	Допуск	Размер	Допуск	Размер	Допуск	Размер	Допуск		
Для отверстия	Проходная сторона новая	$D_{\min} + Z$	$\pm \frac{H}{2}$	—	—	$D_{\min} + Z$	$\pm \frac{H/2}{\text{или}} \pm \frac{H_s/2}$	—	—
	Проходная сторона изношенная	$D_{\min} - Y$	—	—	—	$D_{\min} - Y + \alpha$	—	—	—
	Непроходная сторона	D_{\max}	$\pm \frac{H/2}{\text{или}} \pm \frac{H_s/2}$	—	—	$D_{\max} - \alpha$	$\pm \frac{H/2}{\text{или}} \pm \frac{H_s/2}$	—	—
Для вала	Проходная сторона новая	$D_{\max} - Z_1$	$\pm \frac{H_1}{2}$	$D_{\max} - Z_1$	$\pm \frac{H_p}{2}$	$D_{\max} - Z_1$	$\pm \frac{H_1}{2}$	$D_{\max} - Z_1$	$\pm \frac{H_p}{2}$
	Проходная сторона изношенная	$D_{\max} + Y_1$	—	$D_{\max} + Y_1$	$\pm \frac{H_p}{2}$	$D_{\max} + Y_1 - \alpha_1$	—	$D_{\max} + Y_1 - \alpha_1$	$\pm \frac{H_p}{2}$
	Непроходная сторона	D_{\min}	$\pm \frac{H_1}{2}$	D_{\min}	$\pm \frac{H_p}{2}$	$D_{\min} + \alpha_1$	$\pm \frac{H_1}{2}$	$D_{\min} + \alpha_1$	$\pm \frac{H_p}{2}$

Примечание. При подсчете исполнительных размеров калибров (наибольших для отверстий и наименьших для валов) необходимо пользоваться следующими правилами округления: округление размеров рабочих калибров (наибольших для отверстия и наименьших для валов) для изделий квалитетов 15—17 следует производить до целого микрометра;

для изделий квалитетов 6—14 и всех контрольных калибров размеры следует округлять до величин, кратных 0,5 мкм, при этом допуск на калибры сохраняется;

для размеров, оканчивающиеся на 0,25 и 0,75 мкм, следует округлять до величин, кратных 0,5 мкм, в сторону уменьшения допуска изделия.

в пределах 57...65 HRC, (для инструментальных углеродистых и легированных сталей применяется закалка, для малоуглеродистых — цементация на глубину не менее 0,5 мм с последующей закалкой).

Рабочие поверхности, поверхности заходных и выходных фасок калибр-пробок всех видов для диаметров от 1 до 100 мм, кроме листовых и неполных калибр-пробок, должны иметь хромовое либо другое износостойкое покрытие.

Шероховатость рабочих поверхностей калибров должна соответствовать указанной в табл. 3.

Таблица 3

Шероховатость рабочих поверхностей калибров

Вид калибра	Квалитет контролируемого изделия	Параметр шероховатости R_a по ГОСТ 2789—73, мкм, для диаметров	
		от 0,1 до 100 мм	св. 100 до 360 мм
Калибр-пробка	6	0,04	0,08
	7—9	0,08	0,16
	10—12	0,16	
Калибр-скоба	6—9	0,08	0,16
	10—12	0,16	
Контрольный калибр	6—9	0,04	0,08

При маркировке на калибр наносят: номинальный размер детали, для контроля которого предназначен калибр; буквенное обозначение поля допуска изделия, на рабочих калибрах; величину предельных отклонений изделия в миллиметрах; тип калибра (например, Р—ПР, Р—НЕ, К—И) и товарный знак завода-изготовителя.

2.3. РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ГЛАДКИХ КАЛИБРОВ И ИХ ИЗМЕРЕНИЕ

С учетом маркировки калибра определяется размер, поле допуска и квалитет детали, для контроля которой он предназначен, подсчитываются предельные размеры отверстия (вала) и исполнительные размеры калибра (см. рис. 10, 11 и 12 и табл. 2 и 4).

Допуски и отклонения калибров

Квалитеты допусков изделий	Обозначения размеров и допусков	Интервалы размеров, мм										Допуск на форму калибра			
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250		Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
6	Z	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8	
	Y	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	3	3	4	5	6	7	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5	
	Z ₁	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11		
	Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	4	4	5	6	6	6	7	
	H, H _s	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	/T1
	H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	/T2
H _p	0,8	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8		/T1	
7	Z, Z ₁	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11		
	Y, Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	4	4	6	7	8	9		
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7	
	H, H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	/T2
	H _s	—	—	1,5	2	2,5	3	4	5	7	8	9	10		/T1
H _p	0,8	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8		/T1	
8	Z, Z ₁	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18	
	Y, Y ₁	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	/T2
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	/T3
H _{s, H_p}	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	/T1	

Квалитеты допусков изделия	Обозначения размеров и допусков	Интервалы размеров, мм												Допуск на форму калитра		
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400		Св. 400 до 500	
9	Z, Z ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32		
	Y, Y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	α , α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9		
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H _s , H _n	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	20	IT3
10	Z, Z ₁	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1	
	Y, Y ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37		
	α , α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	11	14		
	H _s , H _n	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	20	IT2
11	Z, Z ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3	
	Y, Y ₁	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1	
	α , α_1	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55		
	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	H _s , H _n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	15	20		
11	Z, Z ₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	IT4	
	Y, Y ₁	—	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	IT3	
	α , α_1	—	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	IT3	
	H	—	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	IT3	
	H _s , H _n	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1	

12	Z, Z_1	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45	50	65	70	
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	20	30	35	
	H, H_1	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	<i>IT4</i>
	H_s	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	<i>IT3</i>
	H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	<i>IT1</i>
		20	24	28	32	36	42	48	54	60	80	90	100	110	110
13	Z, Z_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	35	45	55	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	46	52	57	<i>IT5</i>
	H, H_1	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	<i>IT5</i>
	H_s	—	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	<i>IT5</i>
	H_p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	<i>IT2</i>
		20	24	28	32	36	42	48	54	60	100	110	125	145	145
14**	Z, Z_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	55	70	90	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	52	57	63	<i>IT5</i>
	H, H_1	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	<i>IT5</i>
	H_s	—	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	<i>IT5</i>
	H_p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	<i>IT2</i>
		20	24	28	32	36	42	48	54	60	100	110	125	145	145
15**	Z, Z_1	40	48	56	64	72	80	90	100	110	170	190	210	240	
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	90	110	140	
	H, H_1	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	<i>IT5</i>
	H_s	—	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	<i>IT5</i>
	H_p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	<i>IT2</i>
		40	48	56	64	72	80	90	100	110	170	190	210	240	240

Классификация допусков наделин	Обозначения размеров и допусков	Интервалы размеров, мм										Допуск на форму калибра			
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250		Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
		Размеры и допуски, мкм													
16**	Z, Z_1	40	48	56	64	72	80	90	100	110	210	240	280	320	
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	140	180	220	
17	H, H_1	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	IT5
	H_s	—	—	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	IT5
	H_p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2

* Для размеров св. 6 мм.

** Для размеров св. 1 мм.

Примечания:

1. Числовые значения стандартных допусков по ГОСТ 25347—82.
2. Исполнительные размеры рабочих калибров — по ГОСТ 21401—75.

На рис. 13 в качестве примера приведена схема расположения полей допусков рабочих калибров для отверстия $\varnothing 39,5H12$.

На основе рис. 13 и табл. 4 рассчитываются исполнительные размеры калибров для указанного отверстия.

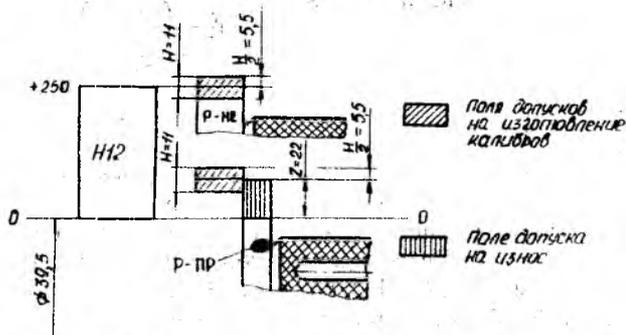


Рис. 13. Расположение полей допусков рабочих калибров для контроля отверстия $\varnothing 39,5 H12$

Исполнительным называется размер калибра, проставленный на его чертеже. Расчет исполнительных размеров калибр-пробок для контроля отверстий $\varnothing 39,5 H12$ производится в следующем порядке.

В соответствии со стандартом ГОСТ 25347—82 для отверстия $H12$:

верхнее отклонение $ES = +250$ мкм;

нижнее отклонение $EI = 0$.

Отсюда наибольший предельный размер отверстия $D_{\max} = 39,5 + 0,250 = 39,750$ мм, наименьший предельный размер отверстия $D_{\min} = 39,5$ мм. Согласно табл. 4 $Z = 22$ мкм, $Y = 0$, $H = 11$ мкм.

Исполнительные размеры калибров рассчитываются по формулам, указанным в табл. 2:

$$P-PR_{\text{новый}} = (D_{\min} + Z) \pm H/2 = 39,522 \pm 0,0055 \text{ мм};$$

$$P-PR_{\text{изн}} = D_{\min} - Y = 39,5 \text{ мм};$$

$$P-HE = D_{\max} \pm H/2 = 39,750 \pm 0,0055 \text{ мм}.$$

Прибор (миниметр, микрокатор, вертикальный или горизонтальный оптиметр) настраивается на нуль по блоку концевых мер, размер которого равен предельному размеру отверстия. Калибр-пробка измеряется в нескольких сечениях по схеме, изображенной на рис. 14. Действительный размер калибра определяется как алгебраическая сумма размера блока и среднего отклонения, полученного в результате измерений.

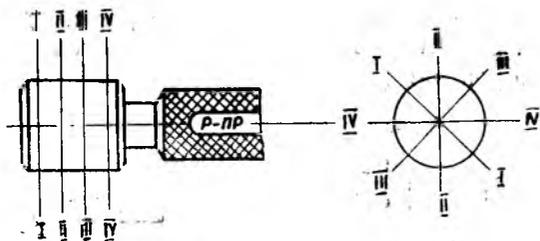


Рис. 14. Схема измерения калибр-пробки

На основании сравнения действительных размеров проходной и непроходной пробок с соответствующими допустимыми предельными размерами по ГОСТ 24853—81 делается вывод о годности калибра. Калибр будет годен в том случае, если его действительные размеры будут располагаться в пределах поля допуска на изготовление нового калибра. Если действительный размер пробки Р—ПР меньше его наименьшего размера, но укладывается в поле допуска на износ, а размер пробки Р—НЕ находится в пределах поля допуска, то калибр считается частично изношенным.

Подобным же образом выполняют расчет (см. рис. 10, 11 и 12 и табл. 2 и 4) и измерение на горизонтальном оптиметре калибр-скоб и делается заключение о их годности. При этом измерение скоб выполняется в 4 сечениях по схеме, изображенной на рис. 15.

Пример расчета исполнительных размеров калибр-скоб приведен ниже.

Пусть требуется определить размеры калибр-скоб для контроля вала $\varnothing 55\text{к6}$. По ГОСТ 25347—82 находим предельные отклонения:

$$\begin{aligned} \text{верхнее отклонение } es &= +21 \text{ мкм;} \\ \text{нижнее отклонение } ei &= +2 \text{ мкм.} \end{aligned}$$

Предельные размеры вала: $d_{\text{max}} = 55,021 \text{ мм}$; $d_{\text{min}} = 55,002 \text{ мм}$ (в литературе размер вала часто обозначают d). По табл. 4 находим данные для расчета размеров калибров: $H_1 = 5 \text{ мкм}$; $Z_1 = 4 \text{ мкм}$; $Y_1 = 3 \text{ мкм}$; $H_p = 2 \text{ мкм}$. Схема расположения полей допусков приведена на рис. 16.

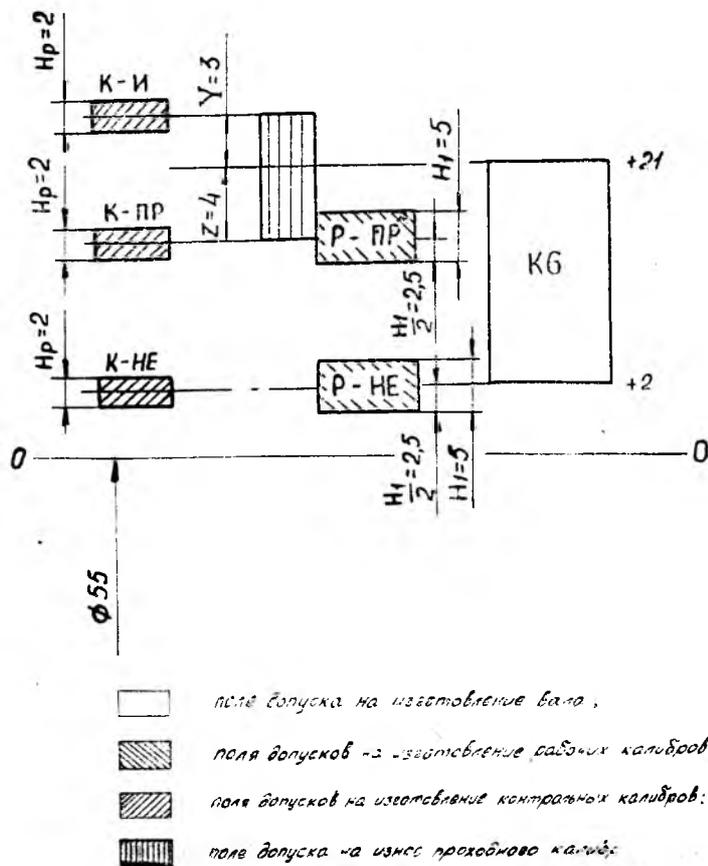


Рис. 16. Расположение полей допусков калибров для контроля вала $\phi 55$ к6

Исполнительные размеры калибров рассчитываются по формулам, указанным в табл. 2:

$$P-ПР_{\text{новый}} = (d_{\text{max}} - Z_1) \pm \frac{H_1}{2} = 55,017 \pm 0,0025 \text{ мм};$$

$$P-ПР_{\text{изн}} = (d_{\text{max}} + Y_1) = 55,024 \text{ мм};$$

$$P-HE = d_{\text{min}} \pm \frac{H_1}{2} = 55,002 \pm 0,0025 \text{ мм};$$

$$K-ПР = (d_{\text{max}} - Z_1) \pm \frac{H_p}{2} = 55,017 \pm 0,001 \text{ мм};$$

$$K-I = (d_{\text{max}} + Y) \pm \frac{H_p}{2} = 55,024 \pm 0,001 \text{ мм};$$

$$K-HE = d_{\text{min}} \pm \frac{H_p}{2} = 55,002 \pm 0,001 \text{ мм}.$$

**ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ДЕТАЛЕЙ НА РЫЧАЖНО-МЕХАНИЧЕСКИХ
И ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИБОРАХ**

Составитель Скуратов Дмитрий Леонидович

Редактор Н. Д. Чайникова

Техн. редактор Н. М. Каленюк

Корректор Т. И. Щелокова

Лицензия ЛР № 020301 от 28.11.91 г.

Сдано в набор 12.03.1993 г. Подписано в печать 10.01.94 г.

Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная.

Гарнитура литературная. Печать высокая.

Усл. печ. л. 1,63. Усл. кр.-отг. 1,75. Уч.-изд. л. 1,7.

Тираж 500 экз. Заказ № 137. Арт. С—71/93.

Самарский государственный аэрокосмический

университет им. академика С. П. Королева.

443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Тип. ИПО Самарского государственного аэрокосмического
университета, 443001 Самара, ул. Ульяновская, 18.