

МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ГО-
СУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(МАДИ)



Т.М. РАКОВЩИК, О.В. ЯНДУЛОВА

КОНТРОЛЬ ГЛАДКИХ КАЛИБРОВ

**Методические указания
к лабораторной работе №2 по курсу
"Метрология, стандартизация, сертификация"**

МОСКВА 2009

МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(МАДИ)

Кафедра технологии конструкционных материалов

Т.М. РАКОВЩИК, О.В. ЯНДУЛОВА

**КОНТРОЛЬ
ГЛАДКИХ КАЛИБРОВ**

**Методические указания
к лабораторной работе №2 по курсу
"Метрология, стандартизация, сертификация"**

МОСКВА 2009

1. Цель работы – изучение сущности контроля деталей гладкими калибрами и методики расчета их предельных и исполнительных размеров.

2. Общие сведения

Для выполнения операций технического контроля в условиях массового и крупносерийного производства широко используют калибры.

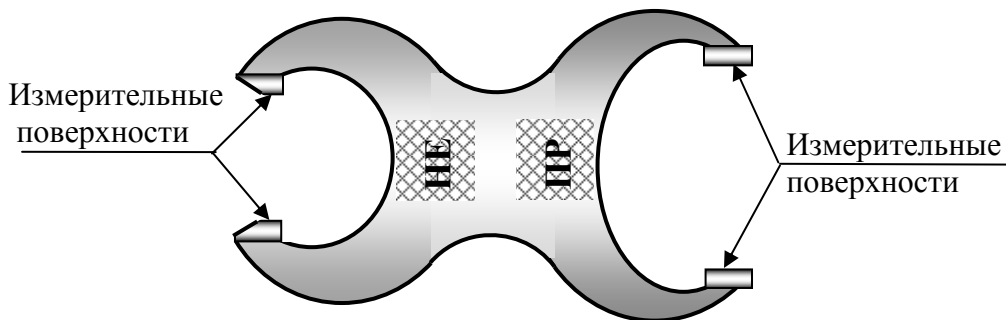
2.1. Калибры – это бесшкальные измерительные инструменты, предназначенные для контроля размеров элементов деталей, их геометрической формы и взаимного расположения.

В зависимости от формы контролируемой поверхности различают калибры гладкие, резьбовые, шлицевые, шпоночные, конусные и профильные. В массовом и серийном производствах наиболее распространен контроль размеров деталей гладкими калибрами, называемыми часто предельными.

Гладкие калибры (рис.1) имеют гладкую рабочую поверхность: плоскую, цилиндрическую, коническую или сферическую.



а) двухсторонняя предельная пробка



б) двухсторонняя предельная скоба

Рис.1. Гладкие калибры

Контроль размеров элементов деталей с помощью гладких калибров сводится к следующему.

Для контроля диаметров отверстий изготавливают два предельных калибра- пробки (рис.1,а). Один из калибров – проходной (ПР) выполняют по диаметру, близкому к наименьшему предельному размеру контролируемого отверстия D_{min} , а другой калибр – непроходной (НЕ) – по диаметру, близкому к наибольшему предельному размеру отверстия D_{max} .

Вывод о годности детали делают на основании того, что калибр-пробка ПР под действием собственной массы (или усилия, примерно равного ей) должен проходить, а калибр-пробка НЕ не должен проходить в контролируемое отверстие.

Для контроля валов изготавливают два предельных калибра-скобы (рис.1,б). Калибр- скобу ПР выполняют по диаметру, близкому к наибольшему предельному размеру вала d_{max} , а калибр-скобу НЕ – по диаметру, близкому к наименьшему предельному размеру вала d_{min} .

Если калибр-скоба ПР пройдет по диаметру вала, а калибр-скоба НЕ не пройдет, то деталь считается годной по контролируемому размеру вала.

Любое нарушение указанных условий годности при контроле диаметров отверстий и валов гладкими калибрами является основанием для вывода о негодности деталей, причем если оба калибра ПР и НЕ не проходят, то деталь относят к бракованным, но **исправимым**. Если оба калибра ПР и НЕ проходят, то деталь относят к бракованным и **неисправимым**.

Таким образом, с помощью калибров нельзя определить действительные размеры контролируемых элементов деталей, можно только установить находятся ли их действительные размеры в пределах заданного поля допуска.

В основу конструирования предельных гладких калибров положен принцип подобия (принцип Тейлора), согласно которому проходные калибры по форме и размерам должны являться прототипом сопрягаемой детали и контролировать в комплексе все виды погрешностей данной простой или сложной (например, шлицевой) поверхности. Это обеспечивает собираемость деталей. Непроходные калибры должны иметь контакт, приближающийся к точечному, чтобы проверять только собственный размер элемента, не нарушен ли его предел минимума материала.

Гладкие калибры классифицируют по следующим признакам:

- **по назначению:**

рабочие калибры, которые используются непосредственно на рабочем месте для контроля размеров деталей;

они подразделяются на рабочие проходные (ПР) и рабочие непроходные (НЕ); рабочие калибры, изношенные до установленного предела, используются в качестве приемных при контроле размеров изделий заказчиком;

контрольные калибры, которые предназначены для контроля и регулировки рабочих калибров-скоб в процессе их использования, а также для контроля при их изготовлении. Различают три контрольных калибра: для рабочей скобы ПР – контркалибр К-ПР и контркалибр износа К-И; для рабочей скобы НЕ – контркалибр К-НЕ.

Контркалибры к калибрам для отверстий не предусмотрены, так как их легче, удобнее и дешевле измерять универсальными средствами измерений;

- **по характеру измерительного контакта** различают калибры с поверхностным линейным и точечным контактом;

- **по конструктивному признаку** гладкие предельные калибры для контроля валов и отверстий разделяют на однопредельные и двухпредельные, односторонние и двухсторонние, цельные и составные, нерегулируемые (жесткие) и регулируемые, с полной и неполной измерительной поверхностью.

Односторонние однопредельные пробки и скобы применяют при контроле деталей относительно больших размеров, ориентировочно от 50 до 75 мм.

Двухсторонние двухпредельные калибры ускоряют контроль, но предусмотрены лишь для размеров 1...10 мм (калибры – скобы) и 1...50 мм (калибры – пробки).

Односторонние двухпредельные калибры вдвое ускоряют контроль. Они дешевле, поэтому рекомендуются к использованию.

Для отверстий до 50 мм используют калибры- пробки с полной измерительной поверхностью, для отверстий 50...100 мм – с полной и неполной, а свыше 100мм – только с неполной измерительной поверхностью.

Для размеров свыше 360 мм вместо калибров-пробок применяют нутромеры.

Нерегулируемые калибры часто применяют вследствие дешевизны и большей точности.

ГОСТ 24851-81 устанавливает 12 видов нерегулируемых калибров, каждому из которых присвоены соответствующее наименование, свой номер и указано их назначение.

Регулируемые калибры, которые дороже и менее жесткие по сравнению с нерегулируемыми, удобны для серийных производств, поскольку допускают быстрое восстановление изношенных поверхностей калибров. Регулируемые гладкие калибры-скобы представлены в ГОСТ 2216–81.

- **по технологии изготовления** калибры делятся на литые и штампованные.

При проектировании и изготовлении калибров должны выполняться требования: высокая износостойкость и коррозионная стойкость, стабильность размеров в процессе эксплуатации, наибольшая жесткость при наименьшей массе, а также высокая производительность контроля.

2.2. Допуски калибров

ГОСТ 24853-81 устанавливает допуски и отклонения на гладкие калибры для контроля отверстий и валов до 500 мм, изготовленных с точностью от 6-го до 17-го квалитетов (см. приложение 2).

ГОСТ 24852-81 устанавливает допуски на гладкие калибры для контроля отверстий и валов свыше 500 до 3150 мм, изготовленных с точностью от 9-го до 17-го квалитетов.

Для деталей, изготовленных с точностью размеров до 6-го квалитета, калибры как средство контроля становятся неэффективными, так как вносится большая погрешность измерения. Такие детали целесообразнее контролировать универсальными средствами измерений.

Допуски на изготовление проходного и непроходного калибров назначаются в зависимости от точности (допуска IT) размера контролируемого элемента детали: $(0,1 \dots 0,2) IT$, где для более точных квалитетов принимается $0,2 IT$, для менее точных – $0,1 IT$.

Допуски на изготовление проходного и непроходного калибров назначаются одинаковыми.

В процессе контроля деталей рабочие проходные калибры-пробки и калибры-скобы подвергаются интенсивному износу; чтобы качество контроля не снижалось, нормируют их износ.

У рабочих непроходных калибров, а также контрольных калибров износ практически отсутствует или весьма незначителен, поэтому им пренебрегают.

Для предельных гладких калибров размерами до 500 мм предусмотрено четыре варианта расположения полей допусков калибров для контроля отверстий и четыре варианта расположения полей допусков калибров и контркалибров для контроля валов. Это связано как с размерами, так и с точностью контролируемых элементов деталей.

Для предельных гладких калибров размерами свыше 500 до 3150 мм предусмотрен один вариант расположения полей допусков калибров (ГОСТ 24852 – 81).

3. Расчет предельных и исполнительных размеров гладких калибров

Отклонения и допуски калибров располагаются относительно их номинальных размеров.

Номинальным размером калибра является тот предельный размер детали, который контролируется данным калибром .

3.1. Расчет предельных и исполнительных размеров гладких калибров для контроля отверстий

Номинальным размером для **проходного** калибра-пробки является наименьший предельный размер отверстия **D_{min}** (рис.2).

Номинальным размером для **непроходного** калибра-пробки является наибольший предельный размер отверстия **D_{max}**(рис.2).

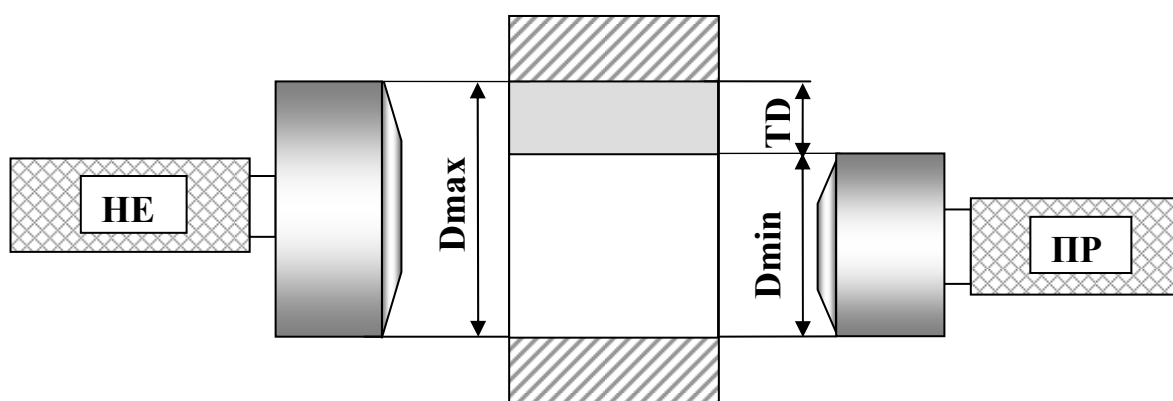


Рис.2. Контроль отверстий калибрами-пробками

На рис.3 представлены схемы расположения полей допусков калибров для контроля отверстий размерами до 180 мм, выполненных с точностью 6,7,8 квалитетов и с 9 по 17 квалитет.

По стандарту на схемах (рис.3) приняты следующие обозначения размеров и допусков:

D_{min} – наименьший предельный размер отверстия;

D_{max} – наибольший предельный размер отверстия;

TD – допуск отверстия;

H – допуск на изготовление калибров для отверстия;

z – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра-пробки относительно наименьшего предельного размера отверстия;

Y – допустимый выход размера изношенного проходного калибра-пробки за границу поля допуска отверстия;

α – величина для компенсации погрешности контроля калибрами отверстий размерами свыше 180 мм (для калибров, контролирующих отверстия до 180 мм $\alpha = 0$).

Расчет предельных размеров калибров-пробок осуществляется по следующим формулам:

Для проходного калибра-пробки:

$$PR_{min} = D_{min} + z - H/2;$$

$$PR_{max} = D_{min} + z + H/2;$$

$$P_{Ризн} = D_{min} - Y.$$

Для непроходного калибра-пробки:

$$HE_{min} = D_{max} - H/2;$$

$$HE_{max} = D_{max} + H/2.$$

Исполнительными размерами калибров называют размеры, проставляемые на рабочих чертежах калибров (приложение 1).

По ним изготавливают новые калибры.

Исполнительный размер для калибров-пробок – это их наибольший предельный размер с верхним отклонением, равным нулю, и с нижним отрицательным отклонением, равным по абсолютной величине допуску на изготовление калибра:

для проходного калибра-пробки – **$PR_{max}_{-н}$** ;

для непроходного калибра-пробки – **$HE_{max}_{-н}$** .

Схемы расположения полей допусков калибров для контроля отверстий размерами свыше 180 до 500 мм и свыше 500 до 3150 мм для соответствующих квалитетов представлены в приложении 4.

3.2. Расчет предельных и исполнительных размеров калибров для контроля валов

Номинальным размером для **проходного калибра-скобы** является **наибольший** предельный размер вала d_{max} (рис.4).

Номинальным размером для **непроходного калибра-скобы** является **наименьший** предельный размер вала d_{min} (рис.4).

Для контроля калибров-скоб предусмотрены контрольные калибры (контркалибры). Контркалибрами являются калибры-пробки, калибры-кольца. Взамен контрольных калибров допускается применять универсальные измерительные приборы, плоскопараллельные концевые меры.

Номинальные размеры контркалибров такие же, как и рабочих калибров-скоб, для которых они предназначены, т.е. для контркалибров К-ПР – d_{max} , для контркалибра К-НЕ – d_{min} .

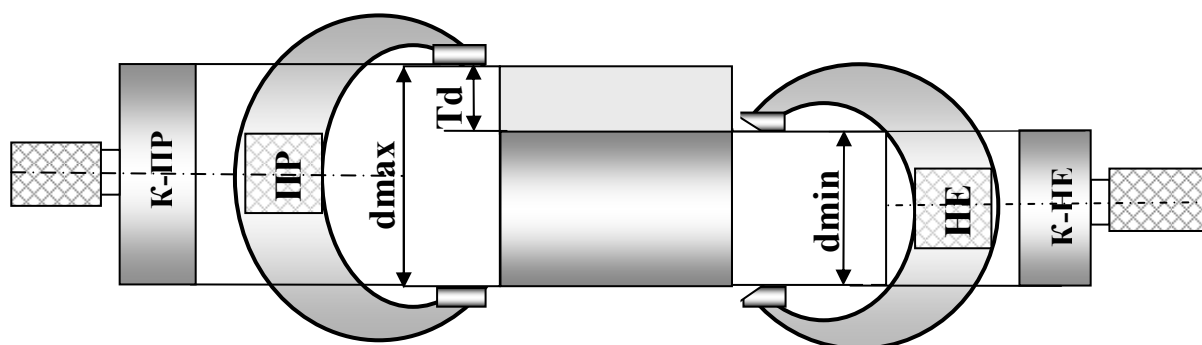
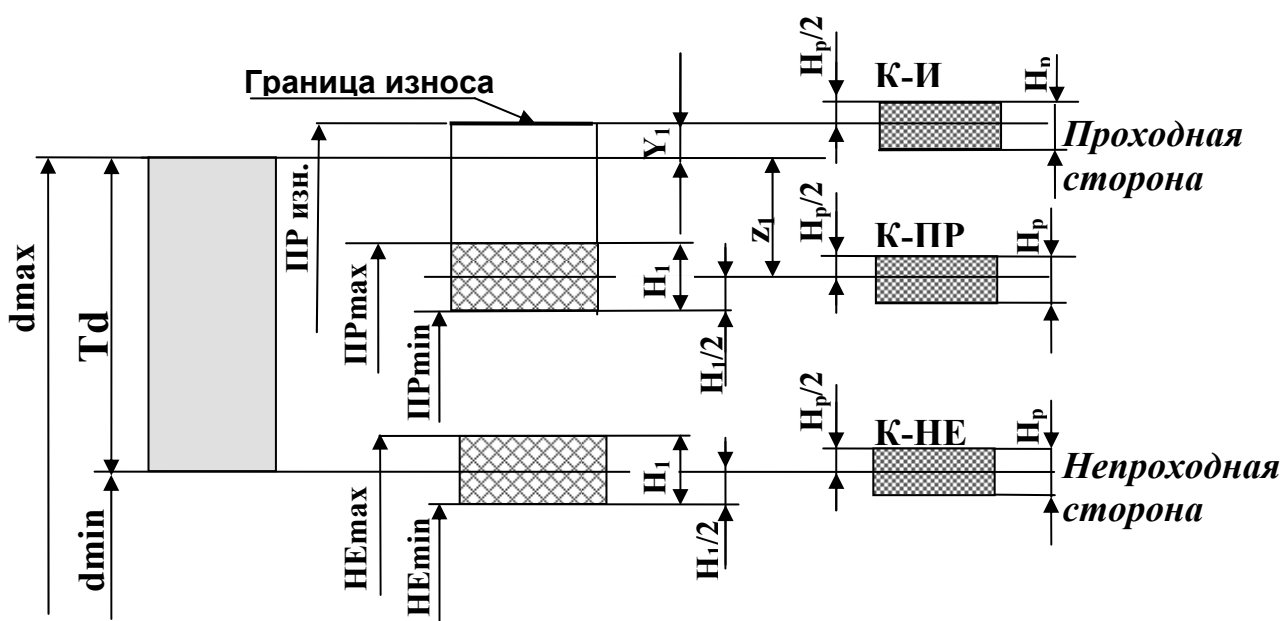


Рис.4. Контроль вала калибрами - скобами и контроль рабочих калибров-скоб контркалибрами

На рис. 5 представлены схемы расположения полей допусков калибров-скоб и контркалибров для контроля валов размерами до 180 мм, выполненных с точностью от 6 до 8-го качества и от 9 до 17-го качества.

Для валов квалитетов 6,7,8



Для валов квалитетов от 9 до 17

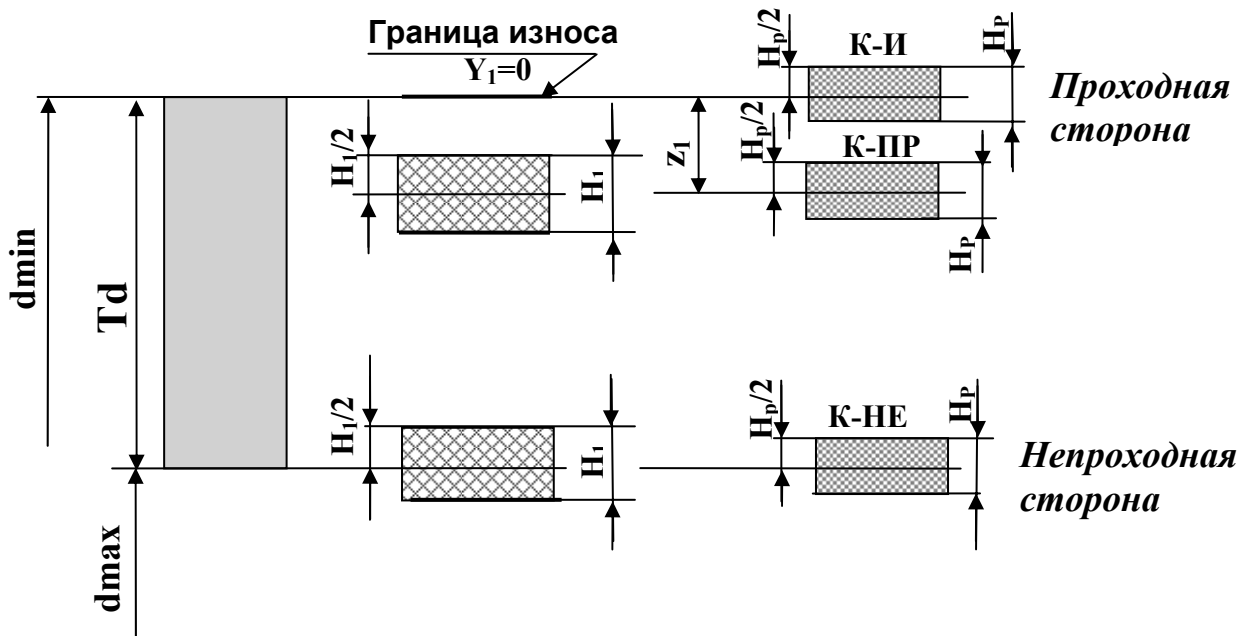


Рис. 5. Схемы расположения полей допусков калибров-скоб и контркалибров для контроля валов номинальными размерами до 180 мм

Принятые на схемах (рис.5) обозначения размеров и допусков:

d_{\min} – наименьший предельный размер вала;

d_{\max} – наибольший предельный размер вала;

T_d – допуск вала;

H_1 – допуск на изготовление калибров для вала;

z_1 – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра-скобы относительно наибольшего предельного размера вала;

Y_1 – допустимый выход размера изношенного проходного калибра-скобы за границу поля допуска вала;

α_1 – величина для компенсации погрешности контроля калибрами валов размерами свыше 180 мм (для калибров, контролируемых размеры валов до 180 мм $\alpha = 0$).

H_p – допуск на изготовление контркалибров

Расчет предельных размеров калибров-скоб осуществляется по следующим формулам:

Для проходного калибра-скобы:

$$PR_{\min} = d_{\max} - z_1 - H_1/2;$$

$$PR_{\max} = d_{\max} - z_1 + H_1/2;$$

$$P_{\text{Изн.}} = d_{\max} + Y_1.$$

Для непроходного калибра-скобы:

$$HE_{\min} = d_{\min} - H_1/2;$$

$$HE_{\max} = d_{\min} + H_1/2.$$

Исполнительный размер для калибров-скоб – это их наименьший предельный размер с нижним отклонением, равным нулю, и с верхним положительным отклонением, равным по абсолютной величине допуску на изготовление калибра:

для проходного калибра-скобы – $PR_{\min}^{+H_1}$;

для непроходного калибра-скобы – $HE_{\min}^{+H_1}$.

Схемы расположения полей допусков калибров для контроля валов размерами свыше 180 до 500 мм и свыше 500 до 3150 мм для соответствующих квалитетов представлены в приложении 5.

4. Методика интервальной оценки точности прямых равноточных измерений

Точность измерений характеризуется погрешностью измерения Δx , которая определяется как разность между результатом измерения x_g и истинным значением измеряемой величины x :

$$\Delta x = x_g - x.$$

Поскольку любое измерение сопровождается погрешностью, то для того, чтобы оценить точность измерения и получить надежное числовое значение измеряемой величины с определенной вероятностью, необходимо произвести несколько измерений. В этом случае за истинное (действительное) значение x измеряемой величины принимают среднее арифметическое \bar{x} из n измерений, т.е.

$$x \approx \bar{x},$$

где $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, где x_i – результат отдельного измерения;
 n – количество измерений.

Насколько среднее арифметическое \bar{x} ближе к истинному x , можно судить по величине ε_β , характеризующей с доверительной вероятностью β погрешность, связанную с заменой \bar{x} на x

$$\beta = P(\bar{x} - \varepsilon_\beta < x < \bar{x} + \varepsilon_\beta).$$

Диапазон $(\pm \varepsilon_\beta)$ возможных значений погрешности измерений называют доверительным интервалом, а границы:

$\bar{x} - \varepsilon_\beta$ и $\bar{x} + \varepsilon_\beta$ – доверительными границами.

Для определения величины ε_β используют методы теории вероятности и математической статистики, полагая что случайные погрешности измерения подчиняются нормальному закону распределения и систематические погрешности отсутствуют.

$$\varepsilon_\beta = t_\beta \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}, \text{ где } S \text{ – оценка среднего квадратического}$$

отклонения измеряемой величины x :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \text{ где } x_i \text{ – } i\text{-ые измерения величины;}$$

\bar{x} – среднее арифметическое значение из n измерений величины; n – количество измерений;

t_β – коэффициент Стьюдента, который зависит от доверительной вероятности β и степени свободы $k = n - 1$.

Результат измерений будет записан в виде: $x = \bar{x} \pm \varepsilon_\beta$, при доверительной вероятности β и количестве измерений n .

5. Приборы для контроля калибров

Наиболее известными в практике приборами, применяемыми для проверки предельных калибров, являются оптиметры и миниметры.

5.1. Вертикальный оптиметр

Вертикальный оптиметр (рис.6) предназначен для относительных измерений изделий высокой точности, к которым относятся калибры-пробки. Он представляет собой оптико-механический прибор, в котором используется так называемый принцип оптического рычага.

В существующих конструкциях оптиметров передаточное отношение составляет 80, а при 12-кратном увеличении – 960. В этом случае при перемещении измерительного стержня на 1 мкм отраженная шкала в окуляре сместится на одно деление.

Шкала имеет ± 100 делений.

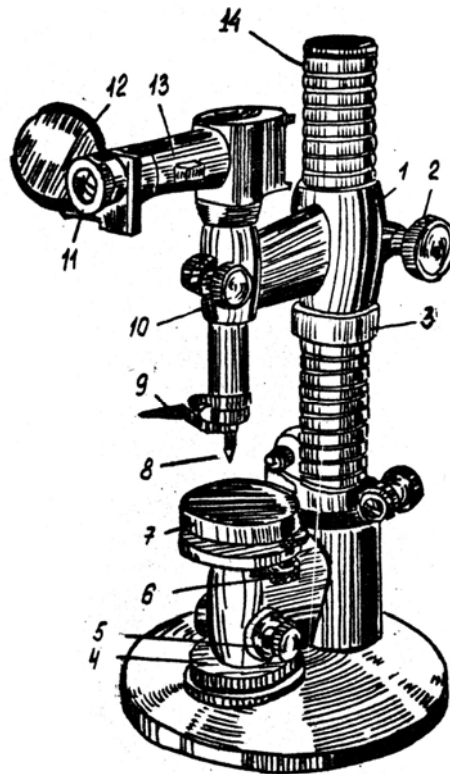


Рис. 6. Вертикальный оптиметр:

1 – кронштейн; 2- стопорный винт кронштейна; 3 – гайка (установочное кольцо); 4 – гайка подъемного механизма; 5 – стопорный винт столика; 6 – установочные винты столика; 7 – основной столик оптиметра; 8 – измерительный наконечник; 9 – арретир; 10 – зажимной винт трубки; 11 – окуляр; 12 – осветительное зеркало; 13 – оптическая трубка; 14 – колонка с основанием

Основные метрологические характеристики вертикального оптиметра приведены в табл.1.

Таблица 1

Метрологические характеристики вертикального оптиметра	Значение параметра
Цена деления шкалы, мм	0,001
Начальное и конечное значения шкалы, мм	$\pm 0,1$
Диапазон показаний, мм	0,2
Наибольшая длина измеряемых плоских деталей, мм	180
Наибольший диаметр измеряемых цилиндрических деталей, мм	150

Для измерения деталей вертикальный оптиметр предварительно настраивают на нуль. Установка на нуль производится по блоку концевых мер, равному номинальному размеру измеряемой детали. Блок концевых мер устанавливается на предметный столик 7. Сначала проводят предварительную настройку. Вращением осветительного зеркала 12 пучок света от источника направляется в осветительную щель окуляра 11. В окуляре должно быть видно достаточно освещенное поле и часть шкалы. Отстопорив винт 5, вращением гайки 4 подъемного механизма переводят предметный столик 7 в самое нижнее положение, а затем, отстопорив винт 2 вращением кольца 3, опускают кронштейн 1 с закрепленной в нем трубкой оптиметра 13 до соприкосновения измерительного наконечника 8 с поверхностью концевой меры. Момент касания будет замечен по движению изображения шкалы, наблюдаемому через окуляр. Опустить кронштейн следует плавно, не допуская даже малейшего удара наконечника по концевой мере. Постепенным опусканием кольца 3 доводят шкалу до положения, когда штрих с нулевым значением установится против неподвижного указателя или несколько ниже его. После этого кронштейн 1 закрепляют стопорным винтом 2.

Далее производится точная установка шкалы оптиметра на нуль. В процессе наблюдения через окуляр при отстопоренном винте 5 вращением гайки 4 подъемного механизма поднимают предметный столик 7 до тех пор, пока штрих с нулевым значением шкалы не установится против указателя. В этом положении столик закрепляют винтом 5.

Установив окончательно прибор на нуль, нажатием на рычаг арретира 9 приподнимают измерительный стержень и убирают со

столика блок концевых мер и вместо него на столик помещают измеряемую деталь (калибр).

Смещение штриха шкалы с нулевым значением относительно неподвижного указателя соответствует отклонению размера измеряемой детали от размера блока концевых мер. Отклонение может иметь как положительный, так и отрицательный знак, на что укажут имеющиеся по обеим сторонам от штриха с нулевым значением знаки «+» вниз от нуля и «-» вверх от нуля.

Для определения действительного размера диаметра калибра-пробки нужно размер блока концевых мер алгебраически сложить с полученными показаниями по шкале.

Например, размер блока концевых мер равен 25,5мм, при этом отклонение по шкале от нуля равно «-»0,035мм.

Действительный диаметр калибра будет равен:

$$25,5 + (-0,035) = 24,465\text{мм.}$$

5.2. Миниметр

Миниметр (рис. 7) предназначен для относительных измерений калибров-пробок и других точных изделий. Он представляет собой рычажно-механический прибор с передаточным отношением между большим и малым плечами рычага 100, 200, 500 или 1000. В последнем случае перемещение измерительного стержня на 1 мкм соответствует перемещению стрелки (указателя) на одно деление шкалы.

Метрологические характеристики миниметров приведены в табл. 2.

Таблица 2

Метрологические характеристики миниметра	Передаточные отношения			
	100	200	500	1000
Цена деления шкалы, мм	0,01	0,005	0,002	0,001
Начальное и конечное значения шкалы, мм	±0,3	±0,15	±0,06	±0,03
Диапазон показаний, мм	0,6	0,30	0,12	0,06
Наибольшая длина измеряемых плоских деталей, мм	180	180	180	180
Наибольший диаметр измеряемых цилиндрических деталей, мм	150	150	150	150

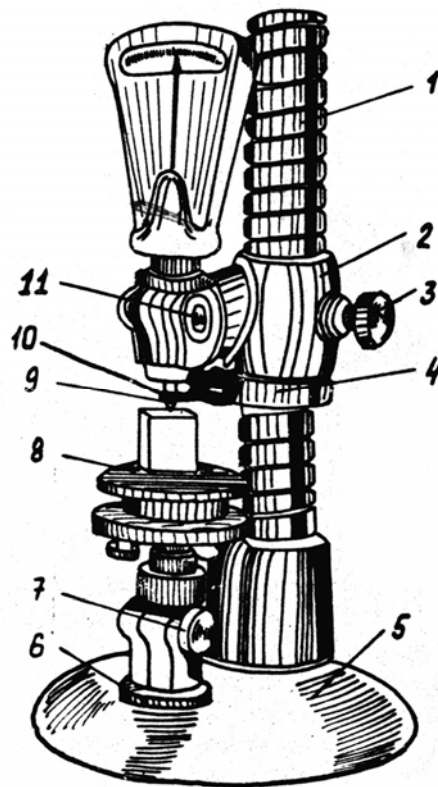


Рис.7. Миниметр со стойкой:

1 – колонка; 2 - кронштейн; 3 - стопорный винт кронштейна; 4 – кольцо; 5 – основание; 6 – гайка; 7 – стопорный винт столика; 8 – столик; 9 – измерительный наконечник; 10 – арретир;

11 – винт крепления миниметра

Для измерения на миниметре (рис. 5) размеров калибра или какой-либо другой детали прибор устанавливают на нуль. Установка на нуль производится с помощью блока концевых мер, размер которого равен номинальному диаметру измеряемой детали (в данном случае калибра-пробки). Блок концевых мер устанавливают одной измерительной поверхностью на столик 8. Затем опускают кронштейн 2 миниметра до соприкосновения измерительного наконечника 9 с поверхностью блока концевых мер. Отстопорив винт 3, кронштейн 2 по колонке 1 опускают вращением поддерживающего кольца 4. Опускать кронштейн следует плавно, не допуская удара наконечника о блок концевых мер. В момент касания измерительного наконечника с поверхностью блока концевых мер указатель миниметра начнет перемещаться по шкале вправо. Постепенным вращением кольца 4 указатель подводят примерно до нулевого деления шкалы. После этого кронштейн 2 закрепляют стопорным винтом 3. Для более точной установки указателя на нуль, отстопорив винт 7, вращением гайки 6 поднимают или опускают столик 8 вместе с блоком концевых мер до тех пор, пока указатель не совместится с нулевым делением шкалы.

После того как указатель прибора займет нулевое положение, винтом 7 столик закрепляют.

С помощью арретира 10 измерительный стержень несколько приподнимают, снимают блок концевых мер и вместо него на столик помещают измеряемую деталь – гладкий калибр-пробку. Вновь опускают измерительный стержень, прижимая калибр к столику. При этом наблюдают за отклонением указателя и записывают его наибольшее отклонение от нуля с учетом знака.

Действительный размер элемента детали получают алгебраической суммой номинального размера блока концевых мер с показанием шкалы.

6.Методика выполнения лабораторной работы и примеры выполнения заданий

6.1.Задание по работе.

1. Рассчитать предельные и исполнительные размеры проходной и непроходной сторон калибра-пробки для контроля заданного отверстия;
2. Измерить диаметры проходной и непроходной сторон калибра-пробки и дать заключение о его годности;
3. Произвести интервальную оценку результата измерений при заданной доверительной вероятности.

6.2.Приборы и принадлежности, необходимые для выполнения работы:

- миниметр или вертикальный оптиметр;
- набор плоскопараллельных концевых мер длины;
- двусторонний предельный калибр-пробка.

6.3.Методика выполнения задания 1

1. Определить предельные отклонения для заданного номинального размера и поля допуска диаметра отверстия по ГОСТ 25347-82.
2. Рассчитать по номинальному размеру и предельным отклонениям наибольший и наименьший предельные размеры диаметра отверстия.
3. Установить номинальные размеры проходной (ПР) и непроходной (НЕ) сторон калибра-пробки (п.3.1).
4. Определить по ГОСТ 24853-81 (приложение 2) в зависимости от заданного номинального размера и качества диаметра отверстия:
 z – отклонение середины поля допуска на изготовление ПР стороны калибра-пробки;

H – допуск на изготовление ПР и HE сторон калибра-пробки;
Y – допустимый выход размера изношенной ПР стороны калибра-пробки за границу поля допуска отверстия.

5. Рассчитать предельные и изношенный размеры ПР стороны и предельные размеры HE стороны калибра-пробки (п.3.1).

6. Указать исполнительные размеры ПР и HE сторон калибра-пробки (п.3.1).

7. Построить схемы полей допусков диаметра заданного отверстия, ПР и HE сторон калибра-пробки на соответствующей странице журнала лабораторных работ (ЖЛР).

Пример выполнения задания 1

Для отверстия $\varnothing 30H8$ определить предельные и исполнительные размеры ПР и HE сторон калибра-пробки, для этого:

1) по ГОСТ 25347-82 определить предельные отклонения для отверстия $\varnothing 30 H8$:

верхнее отклонение **ES = +0,033 мм**;

нижнее отклонение **EI = 0 мм**;

по номинальному размеру диаметра отверстия и предельным отклонениям рассчитать предельные размеры отверстия:

наибольший предельный размер диаметра отверстия **Dmax = D+ES**;

наименьший предельный размер диаметра отверстия **Dmin = D+EI**;

2) по ГОСТ 24853-81(см. приложение 2) для отверстия $\varnothing 30$ и 8 качества определить параметры:

z – 5 мкм, Y – 4 мкм, H – 4 мкм;

3) рассчитать предельные размеры ПР и HE сторон калибра-пробки (п.3.1.1):

$ПР_{max} = D_{min} + z + H/2 = 30+0,005+0,002=30,007$ мм;

$ПР_{min} = D_{min} + z - H/2 = 30+0,005 - 0,002=30,003$ мм;

$ПР_{изн.} = D_{min} - Y = 30 - 0,004=29,996$ мм;

$HE_{max} = D_{max} + H/2 = 30,033+0,002=30,035$ мм;

$HE_{min} = D_{max} - H/2 = 30,033 - 0,002=30,031$ мм;

4) из полученных расчетных предельных размеров назначить исполнительные размеры калибров (п.3.1.1.):

исполнительный проходной – **ПР_{max} –H = 30,007_{-0,004}**;

исполнительный непроходной – **HE_{max} –H = 30,035_{-0,004}**.

5) построить схему расположения полей допусков калибров для заданного отверстия (рис.8).

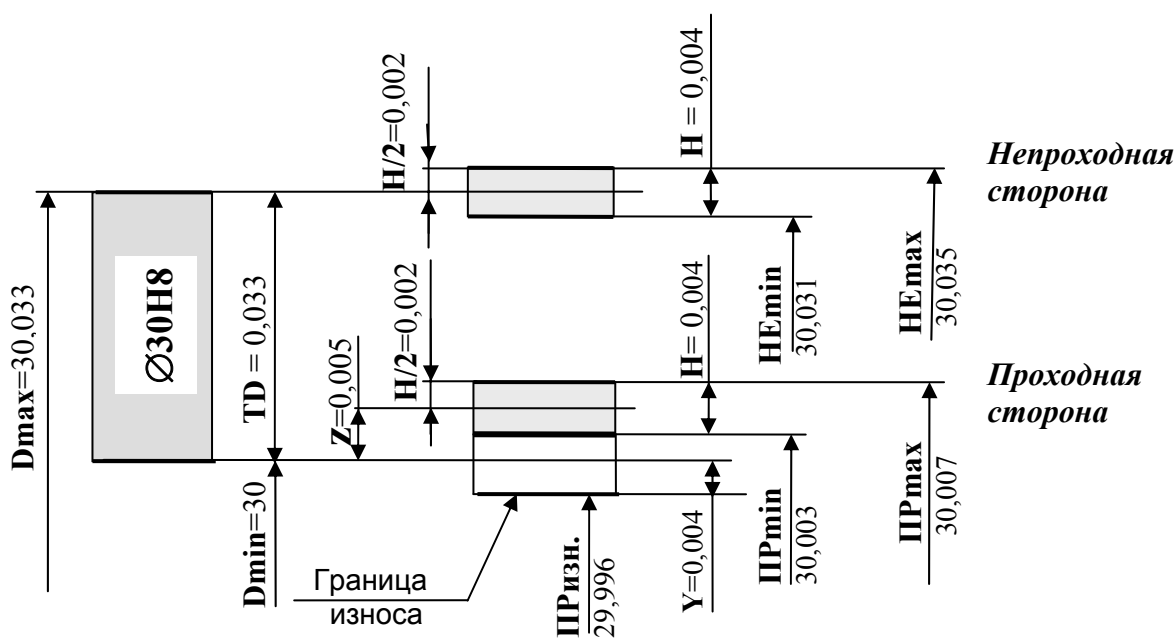


Рис.8.Схема расположения полей допусков отверстия ПР и НЕ сторон калибра пробки

6.4.Методика выполнения задания 2

1.Ознакомиться с устройством вертикального оптиметра (миниметра) и записать его метрологические характеристики в соответствующую графу ЖЛР.

2. Установить измерительный прибор на нуль (п.5.1 или 5.2.) с помощью концевой меры или блока концевых мер (БКМ), размер которой равен номинальному размеру измеряемой стороны калибра-пробки. Размер концевой меры или БКМ записывается в ЖЛР.

3.Измерить ПР и НЕ стороны калибра-пробки по схеме, приведенной на эскизе в ЖЛР. Полученные отклонения от нуля шкалы измерительного прибора со знаком “+” или “-“ занести в ЖЛР.

4.Определить действительные размеры ПР и НЕ сторон калибра, алгебраически складывая размер концевой меры с полученными отклонениями от нуля шкалы измерительного прибора.

5.Дать заключение о годности калибра, сравнив действительные размеры ПР и НЕ сторон калибра с рассчитанными в п.6.3 (подп.5), пользуясь соотношениями:

$$\begin{aligned} \text{ПР}_{\max} &\geq \text{ПР}_{\text{действ}} > \text{ПР}_{\text{изн}}; \\ \text{НЕ}_{\max} &\geq \text{НЕ}_{\text{действ}} \geq \text{НЕ}_{\min}. \end{aligned}$$

6.5. Методика выполнения задания 3

По результатам измерений ПР калибра произвести оценку точности измерений: при заданной вероятности определить границы доверительного интервала, для этого рассчитать:

- 1) среднее арифметическое значение результатов измерений:
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$
- 2) отклонения значений отдельных измерений от среднего арифметического:
$$\Delta x_i = x_i - \bar{x};$$
- 3) среднее квадратическое отклонение:
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n-1}}$$

4) границы доверительного интервала при заданной доверительной вероятности β и значении

коэффициента Стьюдента t_β (приложение 3):
$$\varepsilon_\beta = t_\beta \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$$

5) результат измерений при заданной доверительной вероятности β и количестве измерений n :

$$x = \bar{x} \pm \varepsilon_\beta$$

Пример выполнения задания 3

Оценить результат измерений при доверительной вероятности $\beta = 0,9$, для этого:

1) Измерить десять раз диаметр ПР или НЕ стороны калибра-пробки (в примере даны измерения ПР стороны калибра-пробки); полученные результаты измерений x_i занести в соответствующую таблицу ЖЛР (табл. 3):

Таблица 3

№ измерений	Результат измерений x_i , мм	Отклонение от среднего арифметического $\Delta x_i = x_i - \bar{x}$, мм	Квадрат отклонения от среднего арифметического Δx_i^2 , мм
1	30,001	+0,002	4×10^{-4}
2	30,002	+0,001	1×10^{-4}
3	30,004	-0,001	1×10^{-4}
4	30,006	-0,003	9×10^{-4}
5	29,997	+0,006	36×10^{-4}
6	29,995	+0,008	64×10^{-4}
7	30,005	-0,002	4×10^{-4}
8	30,009	-0,006	36×10^{-4}
9	30,001	+0,002	4×10^{-4}
10	30,008	-0,005	25×10^{-4}

2) Рассчитать по результатам измерений калибра-пробки:

- среднее арифметическое значение – $\bar{x} = 30,003$;
- отклонение от среднего арифметического – Δx_i (табл.3);
- квадрат отклонения от среднего арифметического – Δx_i^2

(табл.3);

- оценку среднего квадратического отклонения:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0185}{9}} = 0,021 ;$$

- границы доверительного интервала при заданной доверительной вероятности $\beta = 0,9$ и значении $t_\beta = 1,943$ (приложение 2):

$$\varepsilon_\beta = t_\beta \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} = 1,943 \cdot \frac{0,021}{\sqrt{10}} = 0,0138 .$$

Результат измерений будет записан в виде:

$$x = \bar{x} \pm \varepsilon_\beta = 30,003 \pm 0,014, \text{ при } \beta = 0,9, n = 10.$$

Таким образом, истинный размер ПР стороны калибра-пробки будет находиться в доверительном интервале от 29,989 мм до 30,017 мм при заданной вероятности $\beta = 0,9$.

Правила записи результата измерений

При записи результата измерений в значении величины x должна указываться цифра того десятичного разряда, который использован при указании погрешности измерения, а погрешность измерения следует округлять до двух значащих цифр, если первая из них является единицей и до одной значащей цифры во всех остальных случаях. Например:

Правильно

17,0 ± 0,2

12,13 ± 0,17

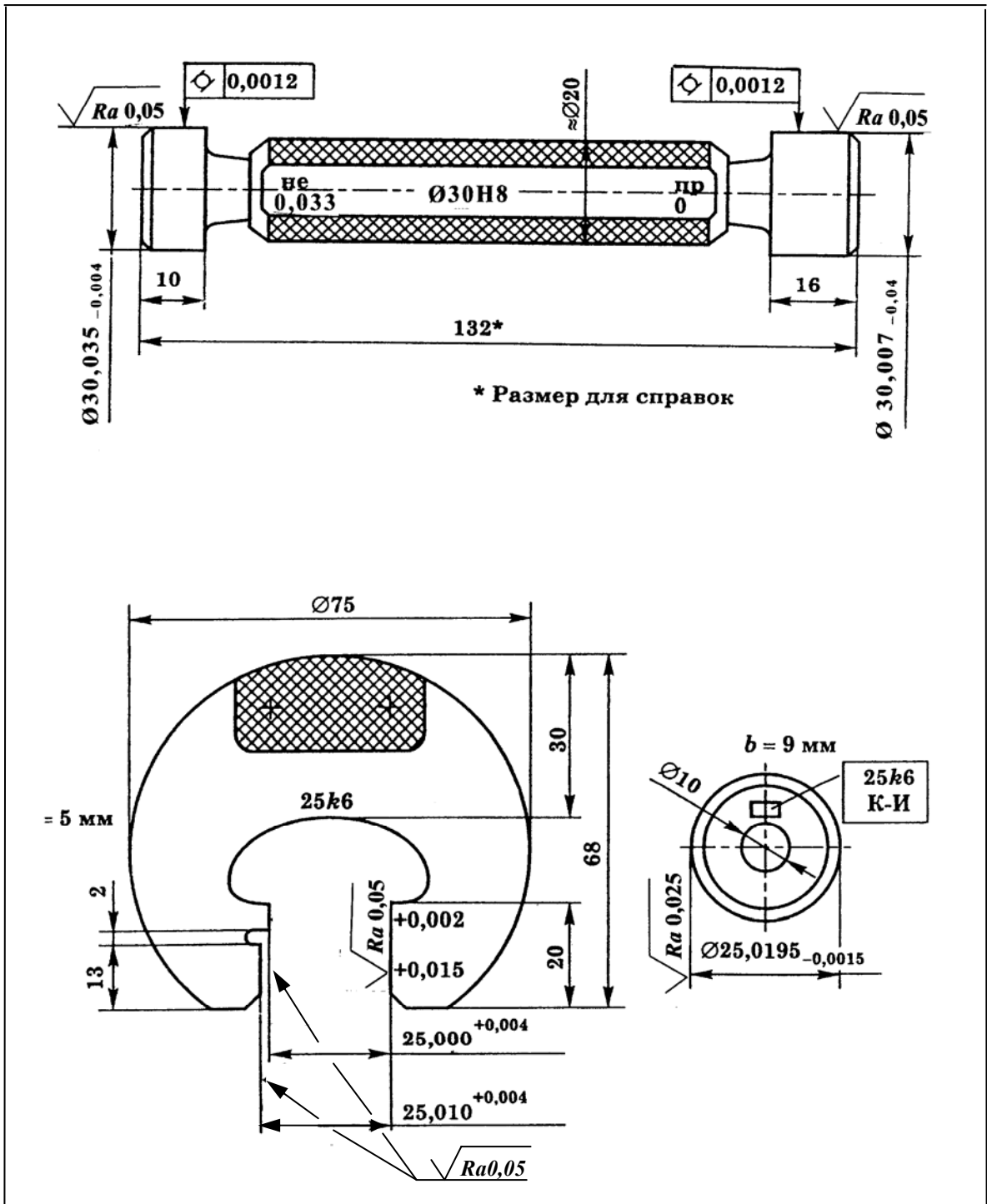
46,40 ± 0,15

Неправильно

17 ± 0,2 или 17,00 ± 0,2

12,13 ± 0,2 или 12,1 ± 0,17

46,4 ± 0,15 или 46,402 ± 0,15.



Чертежи двухстороннего калибра-пробки и двухстороннего калибра-скобы

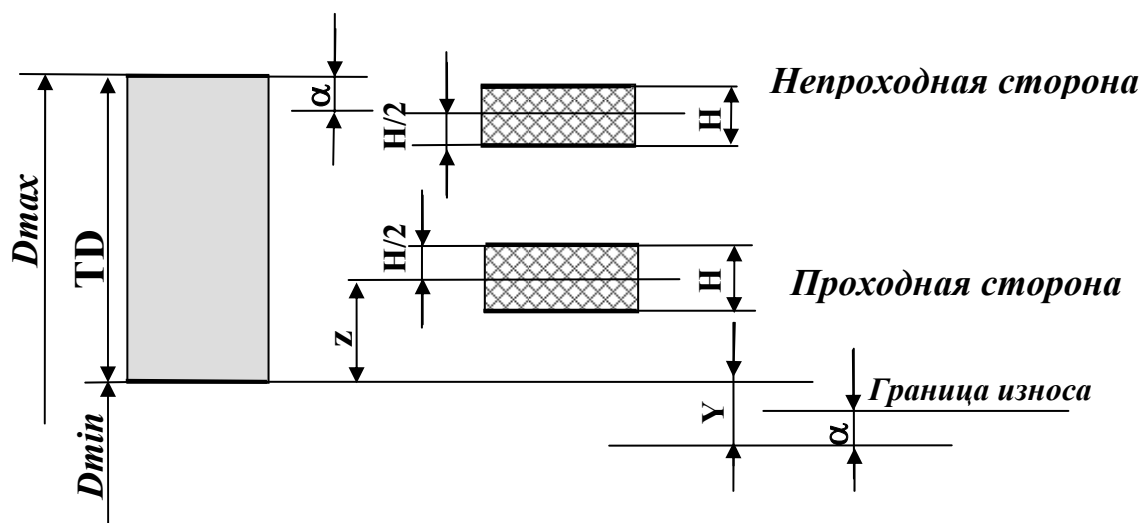
**Допуски и отклонения калибров
по ГОСТ 24853-81, мкм**

Квалитеты заданных размеров отверстий	Обозначения параметров	Интервалы размеров, мм									
		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
6	z, z₁	1	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5	3	4	5
	y, y₁	1	1	1	1.5	1.5	2	2	3	3	4
	α, α₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	H, H₁	1.2	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	4	5	7
	H₁	2	2.5	2.5	3	4	4	5	6	8	10
7	z, z₁	1.5	2	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7
	y, y₁	1.5	1.5	1.5	2	3	3	3	4	4	6
	α, α₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	H, H₁	2	2.5	2.5	3	4	4	5	6	8	10
	H₁	2	2.5	2.5	3	4	4	5	6	8	10
8	z, z₁	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12
	y, y₁	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7
	α, α₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	H, H₁	2	2.5	2.5	3	4	4	5	6	8	10
	H₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14
9	z, z₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21
	y, y₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	H, H₁	2	2.5	2.5	3	4	4	5	6	8	10
	H₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14
10	z, z₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24
	y, y₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	H, H₁	2	2.5	2.5	3	4	4	6	6	8	10
	H₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14
11	z, z₁	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40
	y, y₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	H, H₁	4	5	6	8	9	11	13	15	16	20
	H₁	4	5	6	8	9	11	13	15	16	20
12	z, z₁	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45
	y, y₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
	H, H₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20
	H₁	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20
13	z, z₁	20	24	28	32	36	42	48	54	60	80
	y, y₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
	H, H₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46
	H₁	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46

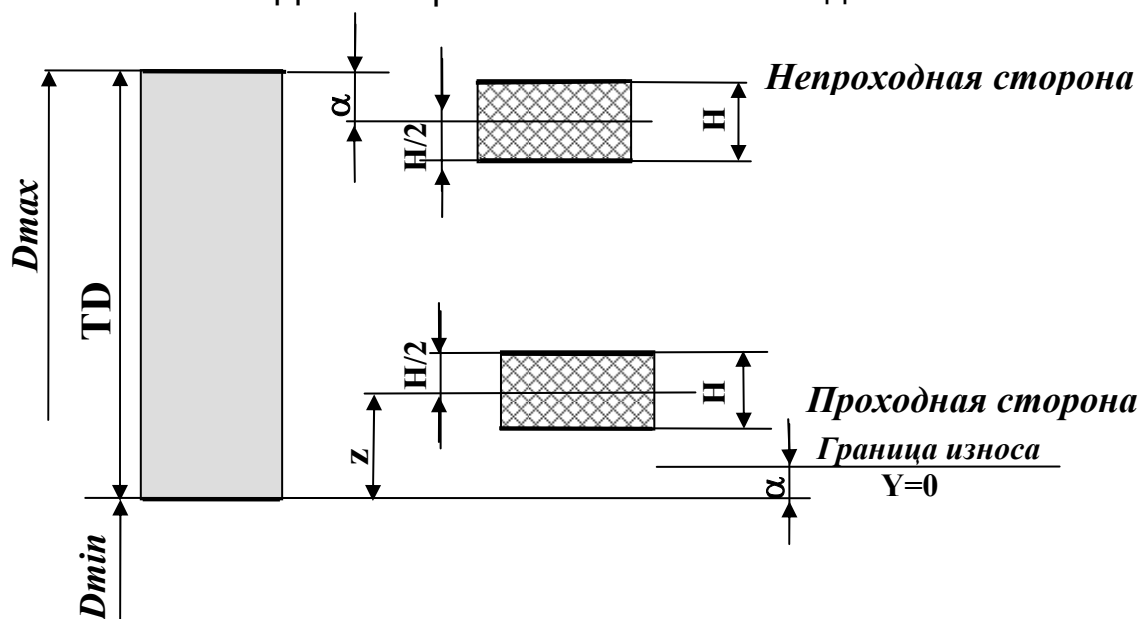
Значения t_{β} в зависимости от β и $n - 1$

$n-1 \backslash \beta$	0.9	0.95	0.98	0.99	0.999
1	6.31	12.71	31.8	63.7	636.6
2	2.92	4.30	6.36	9.92	31.6
3	2.35	3.18	4.54	5.84	12.54
4	2.13	2.77	3.75	4.60	8.61
5	2.02	2.57	3.36	4.03	6.86
6	1.943	2.45	3.14	3.71	5.96
7	1.895	2.36	3.00	3.50	5.40
8	1.860	2.31	2.90	3.36	5.04
9	1.833	2.26	2.82	3.25	4.78
10	1.812	2.23	2.76	3.17	4.59
11	1.796	2.20	2.72	3.11	4.49
12	1.782	2.18	2.68	3.06	4.32
13	1.771	2.16	2.65	3.01	4.22
14	1.761	2.14	2.62	2.98	4.14
15	1.753	2.13	2.60	2.95	4.07
16	1.746	2.12	2.58	2.92	4.02
17	1.740	2.11	2.57	2.90	3.96
18	1.734	2.10	2.55	2.88	3.92
19	1.729	2.09	2.54	2.86	3.88
20	1.725	2.09	2.53	2.84	3.85
21	1.721	2.08	2.52	2.83	3.82
22	1.717	2.07	2.51	2.82	3.79
23	1.714	2.07	2.50	2.81	3.77
24	1.711	2.06	2.49	2.80	3.74
25	1.708	2.06	2.48	2.79	3.72
26	1.706	2.06	2.48	2.78	3.71
27	1.703	2.05	2.47	2.77	3.69
28	1.701	2.05	2.47	2.76	3.67
29	1.699	2.04	2.46	2.75	3.66
30	1.697	2.04	2.46	2.70	3.65

Для отверстий квалитетов 6,7,8

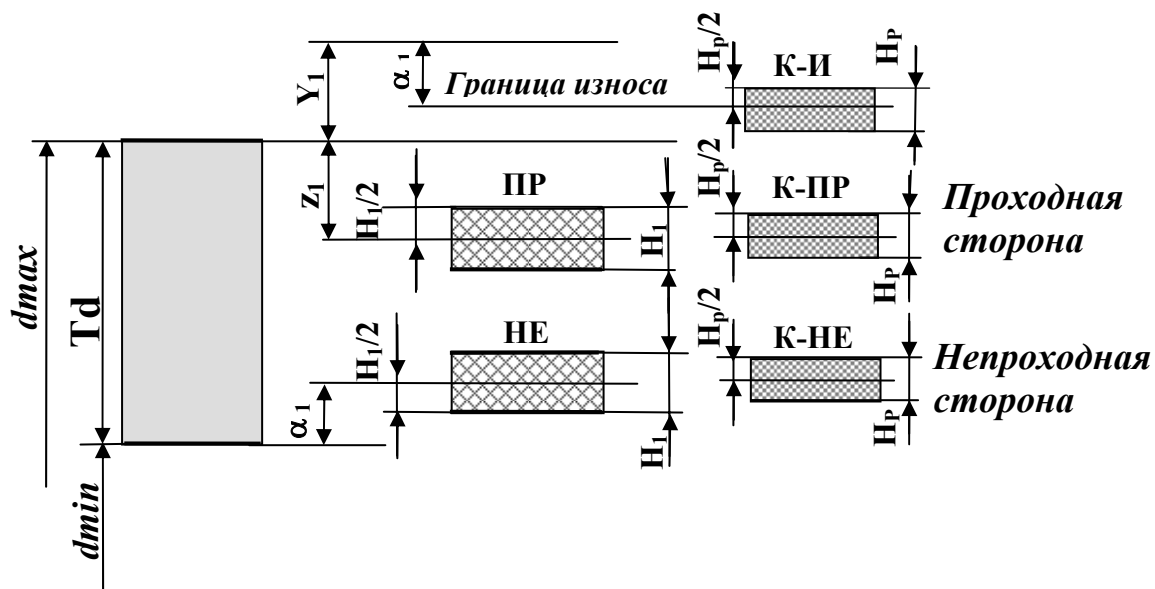


Для отверстий квалитетов от 9 до 17

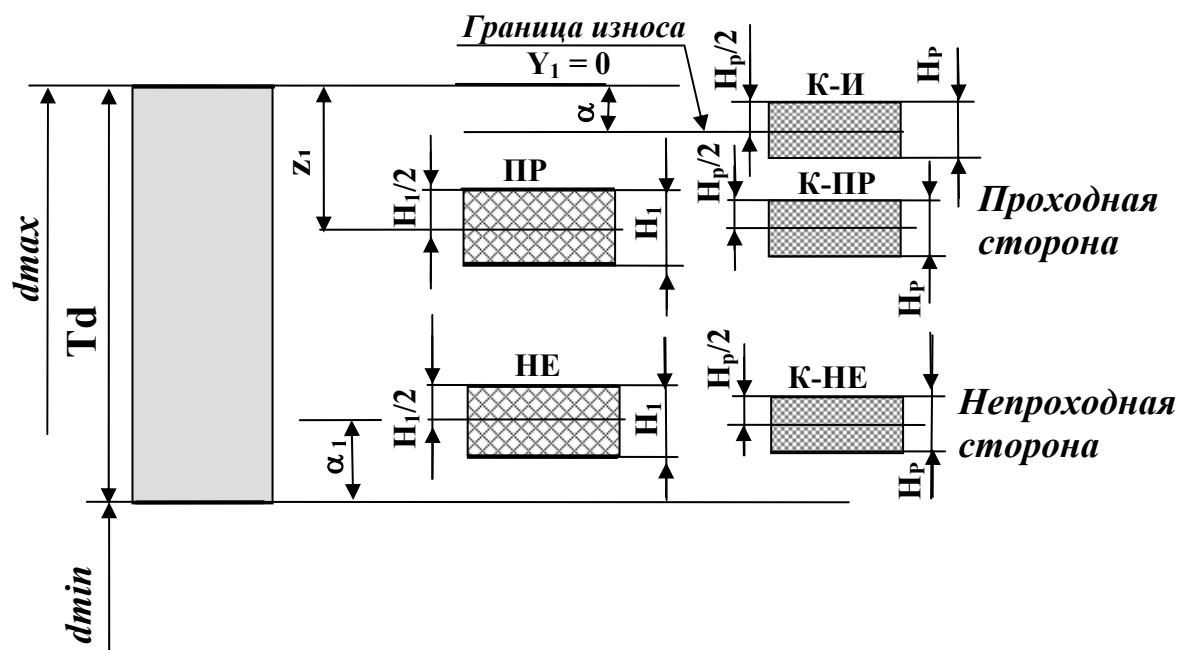


Схемы расположения полей допусков калибров-пробок для контроля отверстий номинальными размерами свыше 180 до 500мм и свыше 500 до 3150мм

Для валов квалитетов 6,7,8



Для валов квалитетов от 9 до 17



Схемы расположения полей допусков калибров-скоб для контроля валов номинальными размерами свыше 180 до 500мм и свыше 500 до 3150

Контрольные вопросы :

- 1.Что называется калибром?
- 2.Для чего служат гладкие предельные калибры?
- 3.Когда отверстие или вал считается годным при контроле их калибрами?
- 4.Какие калибры бывают по назначению, конструктивному признаку, форме измерительной поверхности ?
- 5.Что является номинальным размером для проходной и непроходной стороны калибра-пробки и калибра-скобы?
- 6.Что называется исполнительным размером калибра?
- 7.Что является исполнительным размером проходной и непроходной стороны калибра-пробки и калибра-скобы и как они указываются на рабочем чертеже калибра?
- 8.Какое отличие в расположении полей допусков проходной и непроходной сторон калибров при контроле отверстий и валов размерами до 180 мм и свыше 180 мм?
- 9.Почему нормируется износ только у проходной стороны калибра?
- 10.Как влияет точность деталей, контролируемых калибрами, на границу износа?
- 10.Что такое точечная и интервальная оценка результатов измерений?
- 11.Какой алгоритм обработки результатов прямых равноточных измерений?
- 12.Что называется мерой и измерительным прибором?
- 13.Какие средства измерений используются в лабораторной работе, какие их метрологические характеристики и как осуществляется их настройка на нуль?

Литература

- 1.ГОСТ 24851 – 81. Калибры гладкие для цилиндрических отверстий и валов. Виды. – М. : Изд – во стандартов, 1981. – 8 с.
- 2.ГОСТ 24852 – 81. Калибры гладкие для размеров свыше 500 до 3150 мм. Допуски. – М. : Изд – во стандартов, 2000. – 4 с.
- 3.ГОСТ 24853 – 81. Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски.- М. : Изд – во стандартов, 1981. – 12 с.
- 4.Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для студ. высш. учеб. заведений / [А.И. Аристов, Л.И. Карпов, В.М. Приходько, Т.М. Раковщик]. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр « Академия », 2008. – 384 с.
5. Контроль гладких калибров для отверстий и расчет их предельных и исполнительных размеров. Методическое рук –во к лабораторным работам по курсу « Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения » / [А.А. Лаптев,Т.М. Раковщик, С.М. Зотова].– М.: МАДИ, 1980. – 24 с.

Оглавление

1. Цель работы.....	3
2. Общие сведения	3
3. Расчет предельных и исполнительных размеров гладких калибров.....	7
4. Методика интервальной оценки точности прямых равноточных измерений.....	12
5. Приборы для контроля калибров.....	14
6. Методика выполнения лабораторной работы и примеры выполнения заданий.....	18
Приложения.....	23
Контрольные вопросы.....	28
Литература.....	29

Татьяна Михайловна Раковщик
Ольга Викторовна Яндулова

Контроль гладких калибров

Редактор Ю.К.Фетисова

Тем. план 2009 г., п. 12

Подписано в печать		Формат 60x84/16
Печать офсетная	Усл.печ. л. 1,75	Уч. – изд. л. 1,5
Тираж 100 экз.	Заказ	Цена 20 руб.

Ротапринт МАДИ (ГТУ). 125319, Москва, Ленинградский просп., 64