Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени
Гагарина Ю.А.»

Лабораторная работа №4

Измерение калибра-пробки на вертикальном оптиметре

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация»
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»
29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»

очной и заочной формы обучения

Энгельс 2025

Измерение калибра-пробки на вертикальном оптиметре

Цель работы: изучить методы расчета гладких рабочих калибров, принцип действия и конструкцию вертикального оптиметра, ознакомиться с методикой измерения деталей на оптиметре, приобрести практические навыки работы на оптиметре.

Основные понятия

Назначение и классификация калибров

Калибры представляют собой бесшкальные измерительные инструменты, предназначенные для контроля размеров, формы и расположения поверхностей изделий в производственных условиях [2].

С помощью калибров определяют не числовое значение проверяемой величины, а, устанавливают годность изделия, т. е. соответствие его действительных значений заданным, поскольку условие годности изделия состоит в том, чтобы его действительные размеры не выходили за пределы поля допуска, ограниченного наибольшим и наименьшим предельными размерами.

Благодаря простоте, удобству измерения и сокращению затрат времени на контроль, калибры нашли большое применение в машиностроении для определения годности изделий с различными геометрическими поверхностями (цилиндрические, конические, резьбовые, шлицевые и т. д.) и для контроля формы и расположения поверхностей.

По методу контроля калибры делятся на нормальные и предельные (ГОСТ 27284-87).

Нормальный калибр – это калибр, воспроизводящий заданный линейный или угловой размер и форму сопрягаемой с ним поверхности контролируемого элемента изделия. В настоящее время из нормальных калибров используют шаблоны, щупы, калибры конусные. *Шаблонами* проверяют отклонения формы и положения в сечении плоскостью поверхности проверяемой детали. Прикладывая шаблоны к поверхности детали, определяют по просвету степень совпадения шаблона и детали. В машиностроении широко применяются радиусные и резьбовые шаблоны. *Щупами* проверяют зазор между плоскостями, их изготавливают в виде пластин толщиной 0,02…1 мм. Часто с помощью щупов выставляют зазоры. *Конусные калибры* контролируют точность конических валов и отверстий по базорасстоянию и краске.

При применении нормальных калибров существует два основных недостатка:

- подгоняя деталь к калибру, удается получить только один вид

сопряжения, близкий к посадке скольжения;

- приходится обрабатывать детали с большой, неоправданно высокой точностью.

Предельный калибр – это калибр, воспроизводящий проходной и (или) непроходной пределы геометрических параметров элементов изделия, т.е. он имеет основной измерительный размер, равный одному из предельных размеров детали или два измерительных размеров сразу, которые равны наибольшему и наименьшему предельным размерам контролируемой детали. Наибольшее практическое применение имеют предельные калибры, особенно в условиях серийного и массового производства, для проверки размеров гладких сопряжений, конусных, резьбовых и шлицевых деталей, глубин и высот выступов, а также расположения поверхностей и других параметров.

Ниже рассматриваются предельные калибры для контроля гладких цилиндрических поверхностей.

В массовом и серийном производстве контроль диаметров цилиндрических изделий (отверстий и валов) производится с помощью предельных калибров. Калибры применяются для контроля размеров от 0,1 до 3150 мм. Для размеров до 500 мм предусмотрены калибры от JT6 до JT17.

По назначению предельные калибры делят на проходные (ПР) и непроходные (НЕ), на рабочие (Р), приемные (П) и контрольные (К).

Проходной калибр – это предельный калибр с геометрическими параметрами контролируемого элемента изделия, соответствующими максимально допустимому количеству материала изделия.

Непроходной калибр – это предельный калибр с геометрическими параметрами контролируемого элемента изделия, соответствующими минимально допустимому количеству материала изделия.

Рабочий калибр – калибр для контроля изделий при их изготовлении.

Приемочный калибр – калибр для контроля изделия заказчиком.

Контрольный калибр – калибр для контроля рабочих калибров.

Допуски калибров

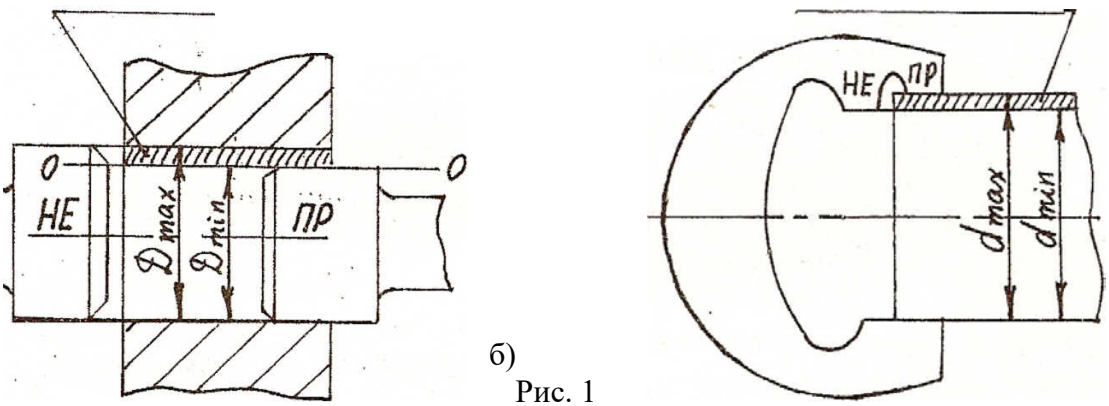
С 1января 1977 г. введен в действие в качестве государственного стандарта стандарт СЭВ – СТ СЭВ 157-75, который распространяется на предельные гладкие калибры, служащие для контроля отверстий и валов с номинальными размерами до 500 мм и с допусками изделий по СТ СЭВ

145-75, а также на контрольные калибры. Стандарт устанавливает допуски размеров и отклонения калибров. Согласно этому стандарту, номинальные размеры проходной и непроходной сторон калибров равны предельным

размерам проверяемых изделий [3].

Проходная сторона пробки равна наименьшему, а непроходная сторона – наибольшему диаметру проверяемого отверстия (рис. 1, а). У скобы, наоборот, проходная сторона равна наибольшему, а непроходная сторона – наименьшему диаметру проверяемого вала (рис. l, б). Следовательно, алгебраическая разность размеров проходной и непроходной сторон калибров является допуском изделия, и если действительные размеры калибров точно равнялись бы номинальным значениям их, то и допуски изделий были бы равны запроектированным.

поле допуска отверстия поле допуска вала



б) а)

Рис. 1

Однако, при изготовлении калибров их размеры выполнить с абсолютной точностью невозможно. Кроме того, проходные стороны калибров, соприкасаясь с поверхностью проверяемых изделий истираются, что создает дополнительные отклонения в их размерах. Поэтому при проектировании калибров предусматриваются допуски на изготовление проходной и непроходной сторон и допуск на износ проходной стороны. Для непроходной стороны калибра, которая в процессе контроля изнашивается незначительно, допуск на износ не предусматривается.

СТ СЭВ 157-75 устанавливает следующие обозначения:

D, d – номинальный размер соединения (D=d);
D – номинальный размер отверстия;
d – номинальный размер вала;

D_{max} – наибольший предельный размер отверстия;
D_{min} – наименьший предельный размер отверстия;

d_{max} – наибольший предельный размер вала;
d_{min} –наименьший предельный размер вала;
TD – допуск отверстия;
Td – допуск вала;
ES – верхнее отклонение отверстия;
EI – нижнее отклонение отверстия;
es – верхнее отклонение вала;
ei – нижнее отклонение вала;
T – допуск (общее обозначение от англ. Tolerance);
H, H_1 – допуск на изготовление калибров соответственно отверстия и вала;
Z, Z_1 – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра соответственно для отверстия относительно наименьшего предельного размера изделия, и вала относительно наибольшего предельного размера изделия;
Y, Y_1 – допустимый выход размера изношенного проходного калибра соответственно для отверстия и вала за границу поля допуска изделия;
α, α_1 – величина для компенсации погрешности контроля калибрами соответственно отверстий и валов с размерами выше 180 мм.

Расчет исполнительных размеров калибров

Исполнительными называются предельные размеры калибров, по которым изготавливают новый калибр. Размеры калибров определяют по формулам, приведенным в СТ СЭВ 157-75. Ниже приведены расчеты исполнительных размеров рабочих калибров пробки и скобы.

Расчет пробки

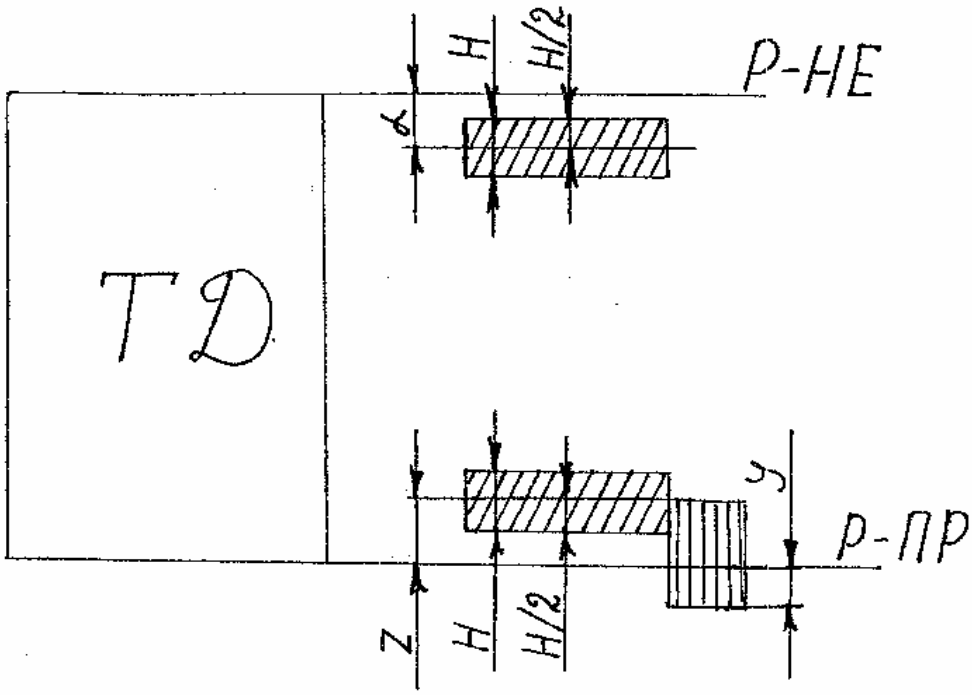
Предельные размеры контролируемого отверстия детали определяются по формулам:

$$D_{max} = D + ES;$$
$$D_{min} = D + EI.$$

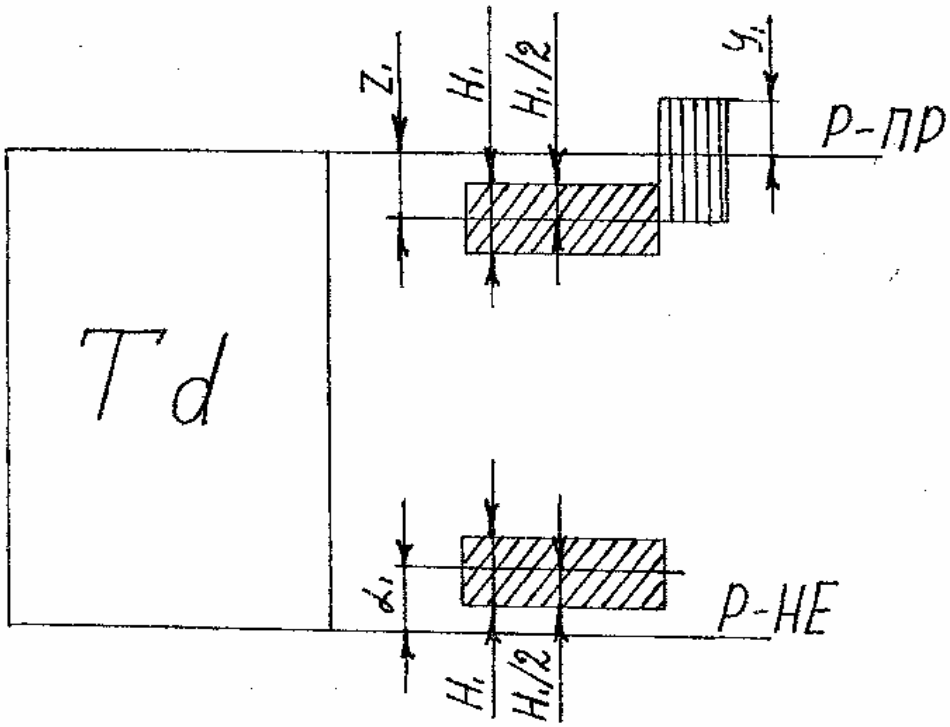
Предельные размеры проходной стороны пробки определяются по формулам:

$$D_{\min}^{пр} = D_{\min} + Z - \frac{H}{2};$$

$$D_{\max}^{пр} = D_{\min} + Z + \frac{H}{2}.$$



а)



по

ся по

на на

фор-

ся по

я по'

ся по

на на

б)
Рис. 2

Пример расчета исполнительных размеров гладких калибров с

построением схем полей допусков

1. Калибр-пробка Ø 138 F8:

а) из ГОСТ 24853-81 (прил.) определяем:
Z = 9мкм = 0,009мм; Y = 6мкм=0,006мм; α = 0; H = 8мкм = 0,008мм;

б) определяем предельные размеры проходной непроходной сторон калибра-пробки:

$$D_{\min}^{пр} = D_{\min} + Z - \frac{H}{2} = 138{,}043 + 0{,}009 - \frac{0{,}008}{2} = 138{,}048 \text{ мм};$$

$$D_{\max}^{пр} = D_{\min} + Z + \frac{H}{2} = 138{,}043 + 0{,}009 + \frac{0{,}008}{2} = 138{,}056 \text{ мм};$$

$$D_{\min}^{не} = D_{\max} - \frac{H}{2} = 138{,}106 - \frac{0{,}008}{2} = 138{,}102 \text{ мм};$$

$$D_{\max}^{не} = D_{\max} + \frac{H}{2} = 138{,}106 + \frac{0{,}008}{2} = 138{,}110 \text{ мм};$$

в) определяем исполнительные размеры проходной и непроходной сторон калибра-пробки Ø 138 F8:

И-ПР = $138{,}056^{-0{,}008}$;
И-НЕ = $138{,}110^{-0{,}008}$;

г) определяем границу износа проходной стороны калибра:

$$D_{изн} = D_{\min} - Y = 138{,}043 - 0{,}006 = 138{,}037 \text{ мм};$$

д) строим схему расположения полей допусков на калибр-пробку Ø138F8 (рис.3).

2. Калибр-скоба Ø138 h6:

а) из ГОСТ 24853-81 определяем:
Z_1 = 6мкм = 0,006мм; Y_1 = 4мкм=0,004мм; α_1 = 0; H_1 = 8мкм = 0,008мм;

б) определяем предельные размеры проходной непроходной сторон калибра-скобы:

$$d_{\min}^{пр} = d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} = 138 - 0{,}006 - \frac{0{,}008}{2} = 137{,}99 \text{ мм};$$

$$d_{\max}^{пр} = d_{\max} - Z_1 + \frac{H_1}{2} = 138 - 0{,}006 + \frac{0{,}008}{2} = 137{,}998 \text{ мм};$$

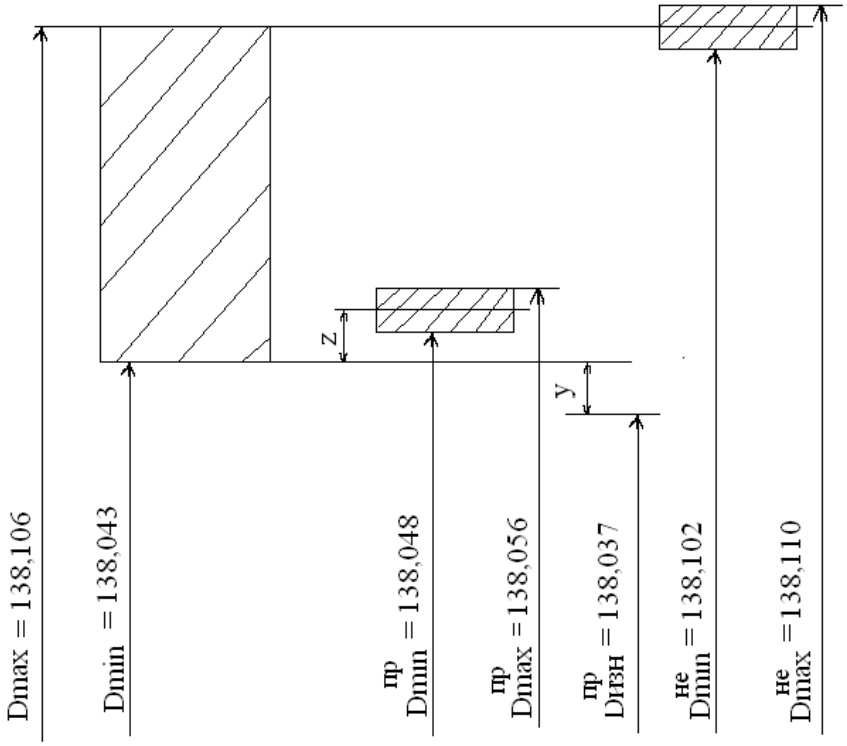

Dmax = 138,106
Dmin = 138,043
z
пр Dmin = 138,048
пр Dmax = 138,056
y
пр Dизн = 138,037
не Dmin = 138,102
не Dmax = 138,110

Рис.3

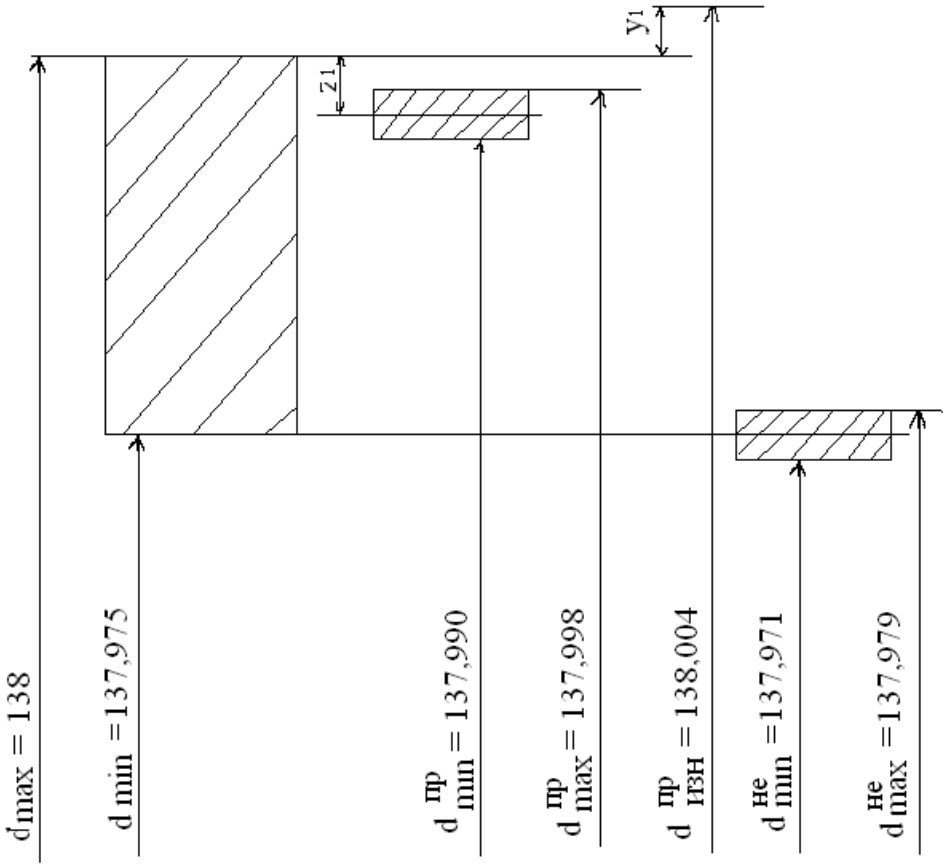

dmax = 138
d min = 137,975
z1
пр dmin = 137,990
пр dmax = 137,998
y1
пр dизн = 138,004
не dmin = 137,971
не dmax = 137,979

Рис. 4

$$d_{\min}^{не} = d_{\min} - \frac{H_1}{2} = 137{,}975 - \frac{0{,}008}{2} = 137{,}971 \text{ мм;}$$

$$d_{\max}^{не} = d_{\min} + \frac{H_1}{2} = 137{,}975 + \frac{0{,}008}{2} = 137{,}979 \text{ мм .}$$

в) определяем исполнительные размеры проходной и непроходной сторон калибра-скобы Ø138 h6:

И-ПР = $137{,}99^{+0{,}008}$;

И-НЕ = $137{,}971^{+0{,}008}$;

г) определяем границу износа проходной стороны калибра:

$$d_{изн} = d_{\max} + Y_1 = 138 + 0{,}004 = 138{,}004 \text{ мм;}$$

д) строим схему расположения полей допусков на калибр-скобу Ø138h6 (рис.4).

Техника и методика измерений

Назначение, характеристика, принцип действия и конструкция вертикального оптиметра

Вертикальный оптиметр предназначен для измерения размеров наружных поверхностей деталей с высокой точностью, в том числе и гладких калибров.

Основные метрологические показатели оптиметра:

1.Наибольший измеряемый диаметр 150 мм;
2.Наибольшая длина измеряемого изделия 180 мм;
3.Цена деления шкалы 0,001 мм;
4.Пределы измерений по шкале ± 0, 1 мм;
5.Погрешность показаний шкалы ± 0, 003 мм;
6.Вес прибора 18 кг.

Оптиметр – оптико-механический прибор. Его работа основана на принципе оптического рычага и явления автоколлимации. Автоколлимационными называются системы, проектирующие изображение шкалы при помощи зеркала в. плоскость самой шкалы. Основной частью прибора является оптиметровая трубка (рис.5).

Оптиметровая трубка 1 крепится при помощи кронштейна 4 на стойке. Вращением кольца 10 кронштейн с трубкой 1 грубо устанавливаем относительно столика 6. Для' точной установки прибора на измеряемый размер столик 6 перемещается в вертикальном направлении при помощи гайки 12. Для установки плоскости столика перпендикулярно оси измерительного стержня служат два винта 8.

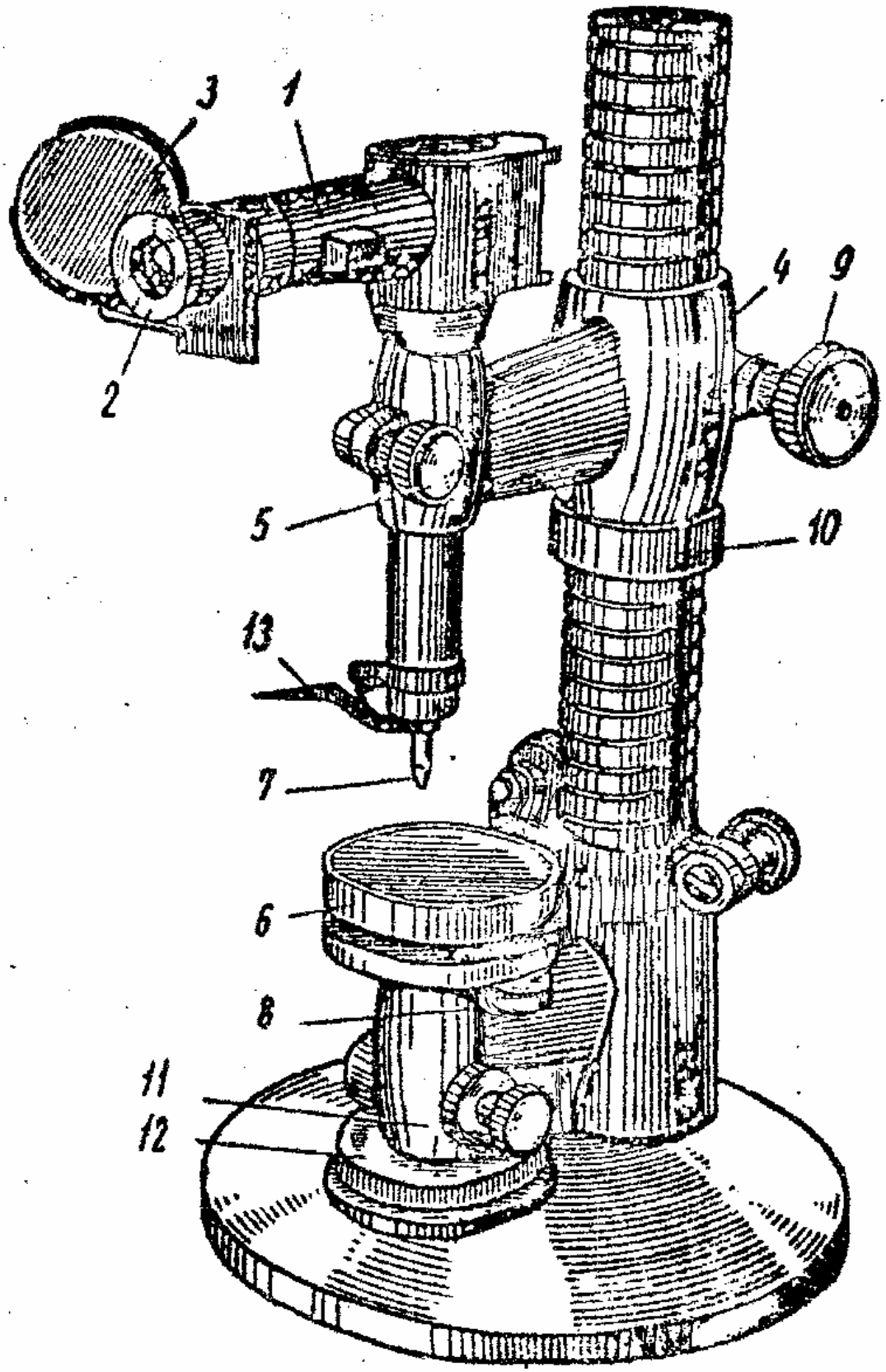


Рис. 5

Методика эксперимента

По номинальному размеру детали набирают блок плоскопараллельных мер длины. Установив блок плиток на столик 6 оптиметра и убедившись, что кронштейн 4 опирается на кольцо 10, отвернуть винт 9 и, вращая кольцо 10, переместить кронштейн 4 вместе с трубкой 1 так, чтобы между измерительным наконечником и плоскостью меры блока остался зазор 0,5-1 мм. Закрепить кронштейн на стойке винтом 9. Освободить стопорный винт 11 столика и, наблюдая за показаниями шкалы оптиметра, вращать гайку 12 по часовой стрелке (подъем столика) до тех пор, пока нулевой штрих шкалы не совпадет с неподвижным штрихом. Закрепить в этом положении столик винтом 11.

Затем установить контролируемую деталь и измерить ее. При измерении необходимо следить за тем, чтобы образующая детали плотно прилегала к поверхности столика. В случае измерения цилиндрической детали ее необходимо перемещать по столику. При отсчете обратить внимание на знаки отклонений, которые указаны на шкале оптиметра. Измерение выполнить не менее трех раз.

Техника безопасности труда

1. Прежде, чем пользоваться оптиметром, изучите его конструкцию.
2. О выявленных неисправностях оптиметра немедленно сообщите преподавателю или лаборанту.
3. Во время работы будьте внимательны и осторожны в обращении с оптиметром.
4. При выполнении лабораторной работы группой студентов работать на оптиметре должен только один студент.

Порядок выполнения работы

1.Для заданного калибра пробки определить по СТ СЭВ 157-75 предельные размеры проходной стороны.
2.Набрать блок плоскопараллельных концевых мер длины, равный исполнительному размеру проходной стороны пробки.
3.Установить шкалу оптиметра в нулевое положение при помощи набранного блока.
4.Установить контролируемую деталь на столик.
5.Измерить калибр. При этом пробку перемещают в направлении, перпендикулярном цилиндрической поверхности пробки, и снимают при этом наибольший отсчет по шкале. Замеры выполнить в трех сечениях пробки по длине в двух перпендикулярных плоскостях. Результаты измерений занести в таблицу1.

6.Вычертить схему полей допусков пробки.
7.Сделать заключение о годности пробки.

Таблица 1

№ п/п	Показания оптиметра, мм	Действительный размер, мм	Наибольший размер проходной стороны пробки, мм	Наименьший размер проходной стороны пробки, мм

Содержание и оформление отчета по работе

Отчет по лабораторной работе должен включать:
1. Название лабораторной работы.
2.Формулировку цели работы.
3.Расчет исполнительных размеров пробки по СТ СЭВ 157-75 (Прил.).
4.Схему полей допусков калибра пробки, наносятся все расчетные и действительные размеры [1].
5. Результаты измерений и вычислений размеров пробки, занесенные в таблицу.
6.Схему измерения пробки на оптиметре [4].
7.Заключение о годности пробки: на основе схемы и расчетов делается вывод о годности проходной стороны калибра-пробки.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определения допуска, предельных размеров и предельных отклонений.
2. Для чего предназначены калибры?
3. Что называют нормальным калибром?
4. Что называют предельным калибром?
5. Почему рабочие калибры называют предельными?
6. Что маркируют на калибрах?
7. Что называют границей износа?
8. Допуски калибров.
9. Классификация гладких калибров по назначению.

10. Чему равны номинальные размеры сторон калибра-пробки?
11. Чему равны номинальные размеры сторон калибра-скобы?
12. Объясните методику проведения измерений.

Литература

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.1. /В. И. Анурьев – М.: Машиностроение, 1979. - 728 с.
2. Аристов А. И. Метрология, стандартизация, сертификация: Учеб. пособие / Аристов А. И., Приходько В. М., Сергеев И. Д., Фатюхин Д. С. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 256 с.
3. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения /А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов – М.: Машиностроение, 1987. - 352 с.
4. СТ СЭВ 157-75.Калибры гладкие для размеров до 500 мм.

Интернет-ресурсы

1. http://www.twirpx.com/files/machineri/metrology/ (Интернет-библиотека по различным отраслям знаний)
2. http://metrologyia.ru/ (информационный сайт по метрологии)

Приложение

Таблица 2

Допуски и отклонения калибров, мкм

Квалитет изделий	Обозна-чение	Интервал размеров, мм						
		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	2	2	2,5	2,5	3	4	5
	y	1.5	1.5	2	2	3	3	4
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	2
	z_1	2,5	3	3,5	4	5	6	7
	y_1	2	3	3	3	4	4	5
	H	2	2,5	2,5	3	4	5	7
	H_1	3	4	4	5	6	8	10
7	z, z_1	2,5	3	3,5	4	5	6	7
	y, y_1	2	3	3	3	4	4	6
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	3
	H, H_1	3	4	4	5	6	8	10
8	z, z_1	4	5	6	7	8	9	12
	y, y_1	4	4	5	5	6	6	7
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	4
	H	3	4	4	5	6	8	10
	H_1	5	6	7	8	10	12	14
9	z, z_1	8	9	11	13	15	18	21
	y, y_1	0	0	0	0	0	0	0
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	4
	H	3	4	4	5	6	8	10
	H_1	5	6	7	8	10	12	14
10	z, z_1	8	9	11	13	15	18	24
	y, y_1	0	0	0	0	0	0	0
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	7
	H	3	4	4	5	6	8	10
	H_1	5	6	7	8	10	12	14
11	z, z_1	16	19	22	25	28	32	40
	y, y_1	0	0	0	0	0	0	0
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	10
	H, H_1	8	9	11	13	15	18	20

Квалитет изделий	Обозна-чение	Интервал размеров, мм						
		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
12	z, z_1 y, y_1 α, α_1 H, H_1	16 0 0 8	19 0 0 9	22 0 0 11	25 0 0 13	28 0 0 15	32 0 0 18	45 0 15 20
13	z, z_1 y, y_1 α, α_1 H, H_1	32 0 0 18	36 0 0 21	42 0 0 25	48 0 0 30	54 0 0 35	60 0 0 40	80 0 25 46
14	z, z_1 y, y_1 α, α_1 H, H_1	32 0 0 18	36 0 0 21	42 0 0 25	48 0 0 30	54 0 0 35	60 0 0 40	100 0 45 46
15	z, z_1 y, y_1 α, α_1 H, H_1	64 0 0 18	72 0 0 21	80 0 0 25	90 0 0 30	100 0 0 35	110 0 0 40	170 0 70 46
16	z, z_1 y, y_1 α, α_1 H, H_1	64 0 0 18	72 0 0 21	80 0 0 25	90 0 0 30	100 0 0 35	110 0 0 40	210 0 110 46
17	z, z_1 y, y_1 α, α_1 H, H_1	64 0 0 18	72 0 0 21	80 0 0 25	90 0 0 30	100 0 0 35	110 0 0 40	210 0 110 46