

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Детали машин»

**Ю. Е. Кирпиченко, Н. В. Прядко**

## **НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
по одноименному курсу для студентов  
машиностроительных специальностей  
дневной формы обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

**Гомель 2013**

УДК 621.713/.715  
ББК 34.44ц  
К43

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 12 от 12.06.2012 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Технология машиностроения» ГГТУ им. П. О. Сухого канд. техн. наук,  
доц. *М. П. Кульгейко*

**Кирпиченко, Ю. Е.**

К43 Нормирование точности и технические измерения : лаборатор. практикум по одному курсу для студентов машиностр. специальностей днев. формы обучения / Ю. Е. Кирпиченко, Н. В. Прядко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – 46 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by/StartEK/>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-145-1.

Рассматриваются четыре лабораторные работы, предметом изучения которых являются основные методы контроля гладких цилиндрических поверхностей, резьб и мерительного инструмента.  
Для студентов машиностроительных специальностей дневной формы обучения.

УДК 621.713/.715  
ББК 34.44ц

ISBN 978-985-535-145-1

© Кирпиченко Ю. Е., Прядко Н. В., 2013  
© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2013

# **Лабораторная работа № 1**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРОСТЕЙШИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ**

**Цель работы:** ознакомление студентов с методикой оценки годности детали такими простейшими измерительными средствами, как штангенциркули и микрометрические инструменты, которые широко применяются в машиностроении. Микрометрические и штангенинструменты относятся к универсальным измерительным инструментам. С их помощью можно измерить наружные и внутренние размеры длины, толщины, высоты, глубины, производить плоскостную или пространственную разметку и т. д. Измерения микрометрическими и штангенинструментами производят абсолютным методом.

Основные этапы выполнения работы:

1. Ознакомиться с назначением, устройством и правилами пользования микрометрическими и штангенинструментами.
2. Ознакомиться с чертежом измеряемой детали, определить ее предельные размеры и допуски.
3. Выбрать измерительные средства в зависимости от точности измеряемой детали согласно чертежу.
4. Определить действительные значения заданных параметров путем их измерения.
5. Оценить годность заданных параметров.

### **1. Описание измерительных средств**

#### **1.1. Штангенинструменты**

Штангенинструменты являются наиболее массовыми и широко распространенными измерительными средствами общего назначения. Применяются они для линейных измерений, не требующих высокой точности.

В группу этих инструментов входят:

- штангенциркуль (рис. 1), предназначенный для измерения наружных и внутренних размеров до 2000 мм;
- штангенглубиномер, предназначенный для измерения глубины отверстий, пазов, расстояний между плоскостями до 500 мм;
- штангенрейсмас, предназначенный для разметки и измерения высоты изделий до 2500 мм.

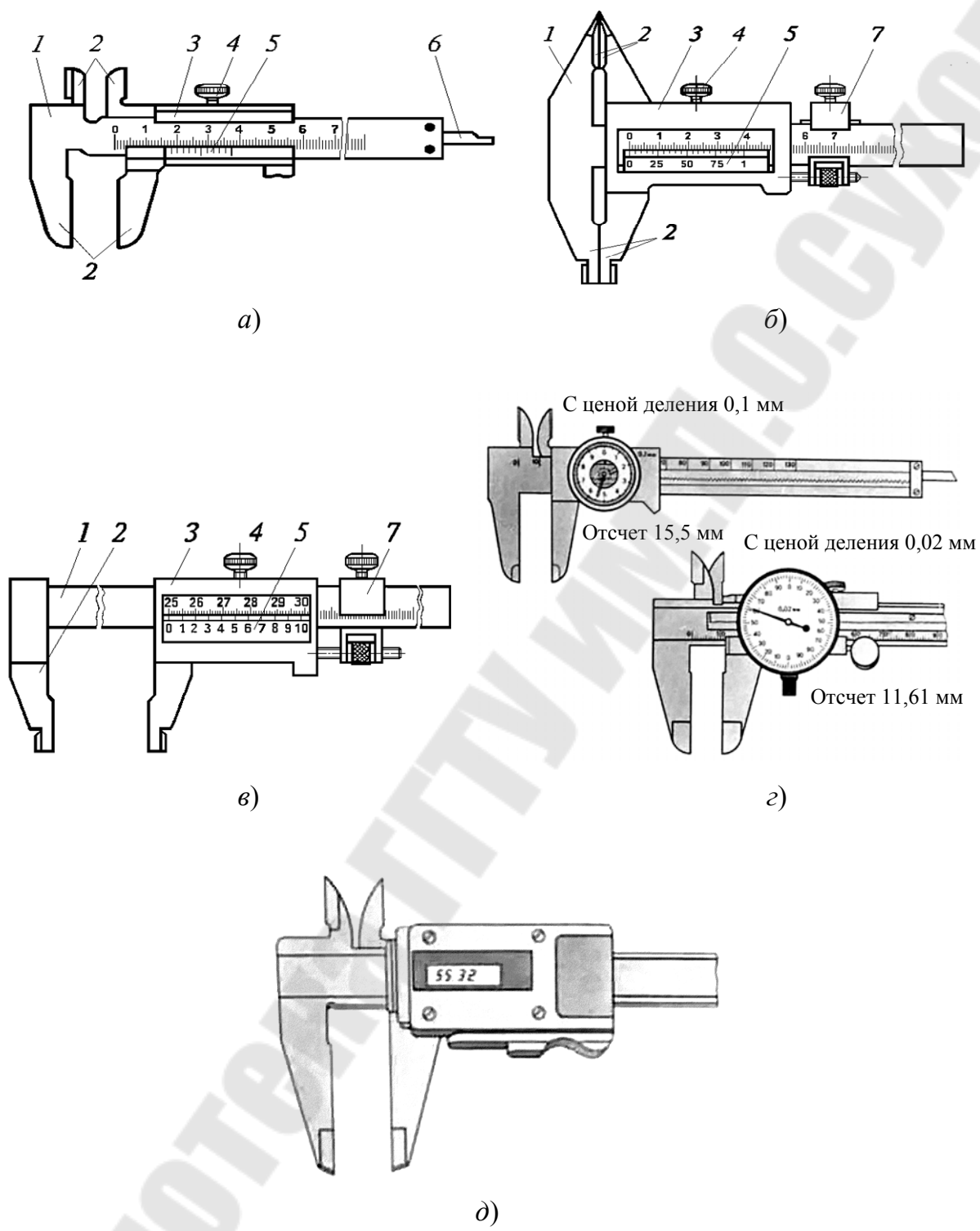


Рис. 1. Штaгенциpкyли типa:  
 а – ШЦ-I; б – ШЦ-II; в – ШЦ-III; г – с отсчетом по индикатору;  
 д – с электронным цифровым отсчетом

## Отсчетное устройство штангенинструментов

Отсчетное устройство штангенинструментов состоит из основной шкалы с ценой деления 1 мм и линейного нониуса, вспомогательной шкалы для отсчета дробных долей миллиметра. Основными характеристиками нониуса являются величина отсчета по нониусу (цена деления нониуса)  $a$  и модуль нониуса  $\gamma$ . Наибольшее распространение получили нониусы с величиной отсчета 0,1; 0,05; 0,02 мм. Типы нониусов (I–IV) представлены на рис. 2.

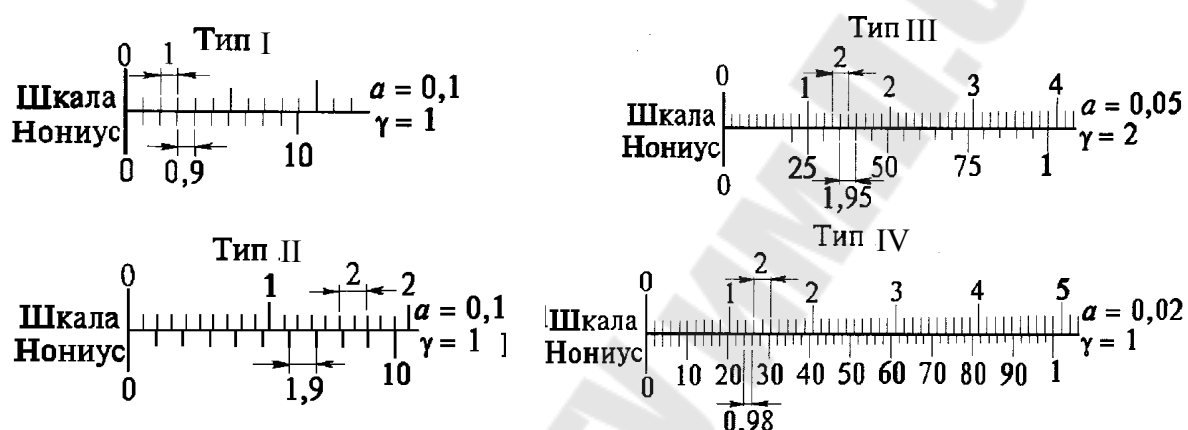


Рис. 2. Типы нониусов

Цена деления нониуса и модуль нониуса определяются по следующим формулам:

$$a = \frac{i}{n}; \quad (1)$$

$$\gamma = \frac{l+i}{n \cdot i}, \quad (2)$$

где  $i$  – цена деления основной шкалы, мм;  $n$  – число делений нониуса;  $l$  – длина шкалы нониуса, мм.

Отсчет показаний штангенинструментов производится следующим образом:

- определяется количество целых миллиметров основной шкалы, расположенных слева от нулевого штриха шкалы нониуса,
- затем добавляют к нему число долей по нониусу в соответствии с тем, какой штрих шкалы нониуса ближе к штриху основной шкалы.

### 1.1.1. Штангенциркули

Наиболее распространенным видом штангенинструмента является штангенциркуль (рис. 1). Штангенциркули выпускаются по ГОСТ 166–80 трех типов:

1) ШЦ–I – с двусторонним расположением губок, для наружных и внутренних измерений и с линейкой для измерения глубин, величина отсчета по нониусу составляет 0,1 мм;

2) ШЦ–II – с двусторонним расположением губок для наружных и внутренних измерений и разметки, величина отсчета по нониусу – 0,05 мм;

3) ШЦ–III – с односторонними губками для наружных и внутренних измерений, величина отсчета по нониусу – 0,05 или 0,1 мм.

В настоящее время все большее распространение в промышленности получают штангенциркули с жидкокристаллическим дисплеем с цифровой индикацией, разрешением 0,01 мм и погрешностью  $\pm 0,02$  мм (рис. 1, з, д).

Таблица 1

Основные метрологические характеристики штангенциркулей

Штангенциркули (ГОСТ 166–80), тип	Цена деления шкалы, мм	Диапазон показаний шкалы, мм	Пределы измерения инструмента, мм	Предельные погрешности инструмента, мкм	Условное обозначение инструмента
ШЦ–I	0,1	125	0...125	$\pm(150...170)$	ШЦ–I – 125–0,1 ГОСТ 166–80
ШЦ–II ШЦ–III	0,05	160 200	0...160 0...200	$\pm 50$	ШЦ–II – 250–0,05 ГОСТ 166–80
	0,1	160 200 250	0...160 0...200 0...250	$\pm 50$ $\pm 50$ $\pm 50$	

Основными частями штангенциркулей являются (рис. 1) штанга-линейка 1, измерительные губки 2, рамка 3, винт зажима рамки 4, нониус 5, линейка глубиномера 6 (только у штангенциркулей ШЦ–I), рамка микрометрической подачи 7 (у штангенциркулей ШЦ–II и ШЦ–III), применяемая для установки штангенциркуля на размер. Губки для внутренних измерений штангенциркулей типов ШЦ–II и ШЦ–III имеют цилиндрическую измерительную поверхность. Размер сдвинутых гу-

бок для внутренних измерений (обычно 10 мм) маркируется на боковой поверхности.

Для разметки штангенциркулями типов ШЦ–II и ШЦ–III могут применяться насадки из твердосплавного материала, которые крепятся к нижним губкам с помощью специальной рамки.

### ***Измерение штангенциркулем***

Прежде, чем приступить к измерениям, необходимо проверить штангенциркуль. Для этого губки штангенциркуля сдвигают до полного соприкосновения. Между измерительными поверхностями не должно быть просвета, а нулевые штрихи обеих шкал должны совпадать. Рамка должна ходить плавно, без заеданий и перекосов. При измерении штангенциркулем наружных размеров деталь зажимается между внутренними измерительными губками плотно, без качки. При измерении внутренних размеров наружные измерительные поверхности губок приводятся в соприкосновение со стенками отверстия. При отсчете внутреннего размера у штангенциркулей ШЦ–II и ШЦ–III необходимо к показаниям штангенциркуля прибавлять общую толщину губок, которая обозначена на их лицевой стороне. При измерении штангенциркулем необходимо правильно устанавливать его на измеряемом изделии (без перекосов и т. п.).

Запрещается следующее:

1. При выполнении измерений проводить штангенциркулем вдоль изделия (необходимо в каждом измеряемом сечении устанавливать его заново).
2. Надвигать губки штангенциркуля на изделие с усилием при застопоренной рамке, так как от этого губки быстро изнашиваются.
3. Пользоваться микроподачей в процессе измерения.
4. Затягивать стопорные винты слишком сильно.

## **1.2. Микрометрические инструменты**

К микрометрическим инструментам относятся микрометры, микрометрические глубиномеры и микрометрические нутромеры. Все эти инструменты основаны на применении винтовой пары, преобразующей вращательное движение микрометрического винта в поступательное. Из микрометрических инструментов наибольшее распространение в машиностроении получили микрометры.

Заводами ОАО «Калибр» и КРИН выпускаются следующие типы микрометров:

- МК – микрометры гладкие (рис. 3) для измерения наружных размеров изделий;
- МД – микрометры листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент;
- МТ – микрометры трубные для измерения толщины стенок труб;
- МЗ – микрометры зубомерные для измерения длины общей нормали.

Для измерения резьб на микрометрах применяются специальные насадки (рис. 3, а, б).

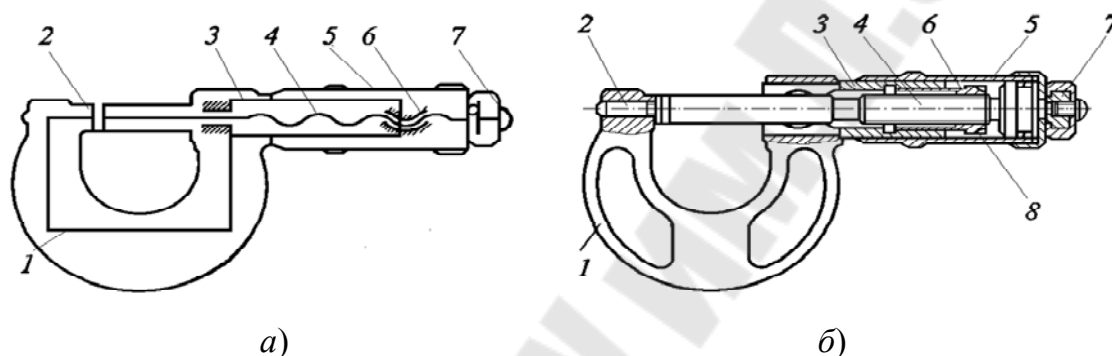


Рис. 3. Гладкий микрометр:

а – кинематическая схема; б – принципиальная схема (1 – корпус; 2 – неподвижная пятка; 3 – стержень; 4 – микрометрический винт; 5 – барабан; 6 – гайка микрометрической пары; 7 – устройство стабилизации усилия измерений (трешетка); 8 – контргайка)

### Отсчетное устройство микрометрических инструментов

Микрометрические инструменты имеют 2 отсчетных устройства (рис. 4).

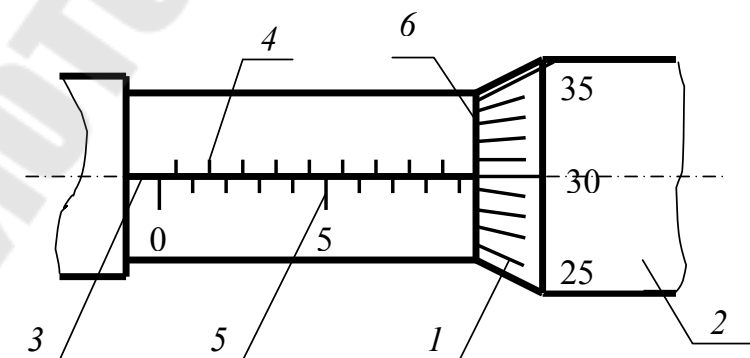


Рис. 4. Отсчетное устройство микрометров



Первое отсчетное устройство состоит из основной шкалы 5 с ценой деления 1 мм, нанесенной на стебле микрометра, и указателя 6, которым является торец барабана 2. Над основной шкалой нанесена вспомогательная шкала 4 с ценой деления 1 мм, но сдвинутая относительно нее на 0,5 мм. Такое расположение шкал дает возможность отсчитывать как целые числа миллиметров, так и половины миллиметров.

Второе отсчетное устройство состоит из шкалы 1 с ценой деления 0,01 мм и числом делений 50, нанесенной на конусной поверхности барабана, и указателя 3 в виде продольного штриха, нанесенного на стебле.

Шаг микровинта  $p = 0,5$  мм, следовательно, одному обороту барабана соответствует перемещение микровинта на 0,5 мм. Поворот барабана на одно деление относительно продольного штриха стебля соответствует величине

$$C = \frac{p}{n} = \frac{0,5}{50} = 0,01 \text{ мм.}$$

Пример отсчета показан на рис. 5.

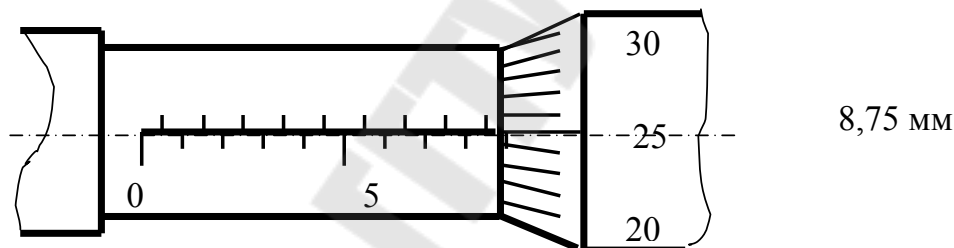


Рис. 5. Пример отсчета

Таким образом, для определения размера производят отсчет по двум отсчетным устройствам и суммируют их. При этом следует помнить, что целое число элементов отсчитывается по основной шкале 5 (с пронумерованными штрихами), половины миллиметров – по вспомогательной шкале 4, сотые доли миллиметров – по срезу барабана.

Рассмотрим пример отсчета, показанный на рис. 5:

– по нижней шкале определяем целое число, в нашем случае – 8 мм;

– по верхней вспомогательной шкале определяем, находится ли наш размер до 0,5 мм или больше 0,5 мм. По примеру мы видим, что деление, которое указывает на размер 0,5 мм, открыто, а это означает, что у нас указан размер 8,5 мм;

– по второму отсчетному устройству, которое расположено на конусной поверхности барабана, мы получаем 0,25 мм;

– чтобы получить окончательный размер, который мы видим на примере, нам необходимо сложить показания двух шкал, т. е.  $8,5 + 0,25 = 8,75$  мм.

Микрометры выпускаются (табл. 2) с ценой деления 0,01 мм и с пределами измерений 0–25; 25–50; 50–75 и т. д. соответственно до 300 мм; 300–400; 400–500 и 500–600 мм. Предельная погрешность микрометров зависит от верхних пределов измерения. Для микрометров МК (0–25; 25–50; 50–75; 75–100) она составляет  $\pm 2$  мкм (микрометры 1-го класса).

Таблица 2

### Основные метрологические характеристики микрометров

Измерительное средство	Цена деления шкалы, мм	Диапазон показаний шкалы, мм	Пределы измерения инструмента, мм	Предельные погрешности инструмента, мкм	Измерительное усилие, Н
Микрометры гладкие типа МК для измерения наружных размеров (ГОСТ 6507–78)	0,01	25	0...25	$\pm 2,0$	5...9
			25...50	$\pm 2,5$	
			50...75	$\pm 2,5$	
			75...100	$\pm 2,5$	
			и т. д.		

### Подготовка микрометра к работе

Микрометр освобождают от смазки, тщательно вытирая измерительные поверхности пятки и микровинта. Проверяют нулевое показание барабана. Для этого осторожно вращая микрометрический винт за корпус трещотки, приводят в соприкосновение измерительные поверхности пятки и микровинта (у микрометров с пределами измерений 0–25 мм) или измерительные поверхности пятки и микровинта с цилиндрической установочной мерой, (у микрометров с пределами измерений 25–50; 50–75 и т. д.). При соприкосновении измерительных поверхностей нулевой штрих, нанесенный на конусной поверхности барабана, должен установиться против продольного штриха на стебле. Если такого совпадения нет, то необходимо настроить микрометр на «ноль». Для этого, закрепив микровинт стопорным устройством и вращая корпус трещотки на 1–1,5 оборота, выводят из соединения барабан с микровинтом. Затем поворачивают барабан, устанавливая его нулевой штрих против продольного штриха на стебле. Вращая кор-

пус трещотки в обратном направлении, закрепляют барабан. Освобождают стопор и проверяют правильность установки.

### *Измерение микрометром*

При измерении микрометром его держат в руках или устанавливают в стойке. Измерение следует проводить, пользуясь только трещоткой; микровинт при измерении не должен быть застопорен. При измерении размеров цилиндрических деталей необходимо измерять деталь по диаметру, а не по хорде (рис. 6).

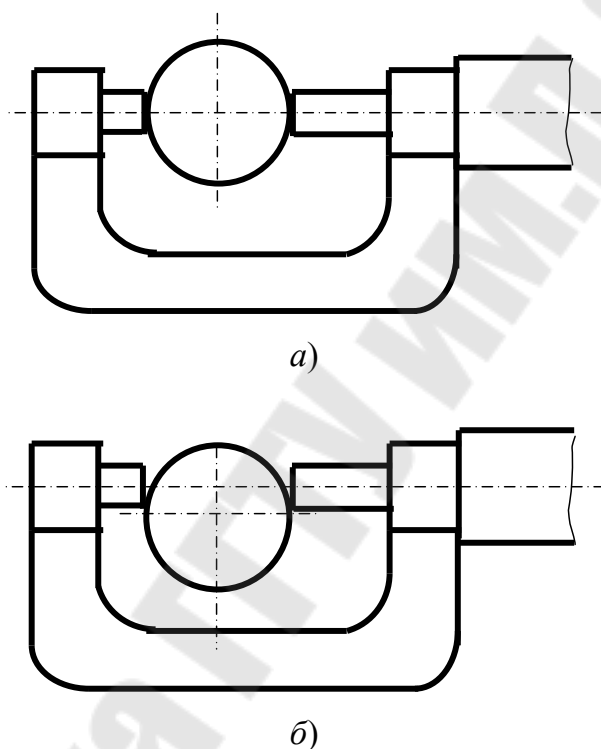


Рис. 6. Примеры измерения микрометром:  
*а* – правильно; *б* – неправильно

## **2. Выбор измерительных средств**

### **2.1. Факторы, влияющие на выбор средств измерения**

Прежде, чем приступить к измерениям, необходимо определить, каким инструментом можно измерять тот или иной размер детали (микрометрическим или штангенинструментом).

При выборе измерительных инструментов необходимо учитывать большое количество факторов. Однако целью данной работы является ознакомление студентов с основами выбора средств измерения, поэтому в работе допускается ряд упрощений.

### 2.1.1. Предъявляемые к детали точностные требования

В лабораторной работе измерительные средства выбираются для размеров, точность которых указана на чертеже. Очевидно, что чем выше заданная точность, тем более точное измерительное средство должно быть выбрано.

### 2.1.2. Метрологические показатели средств измерения

Необходимо учитывать такие метрологические показатели, как цена деления шкалы, диапазон показаний, пределы измерения.

### 2.1.3. Допускаемая погрешность измерения

Погрешность измерения зависит от точности измерительного прибора, условий, в которых он используется (погрешность установки детали, температурная погрешность, деформация детали, квалификация контролера и т. д.). Погрешность всех этих факторов не должна превышать допускаемой погрешности измерения  $\delta_{\text{изм}}$ , величину которой определяют по ГОСТ 8.051–81 (табл. 3), (величина  $\delta_{\text{изм}}$  зависит от допуска на изготовление детали ( $IT$ ) и от номинального размера изготавливаемой детали). Допускаемая погрешность измерения  $\delta_{\text{изм}}$  определяется для каждого указанного размера.

Таблица 3

Допуски ( $IT$ ) и допускаемые погрешности измерений ( $\delta_{\text{изм}}$ )  
(ГОСТ 8.05–81), мкм

Номинальные размеры, мм	Квалитет													
	3		4		5		6		7		8		9	
	$IT3$	$\delta_{\text{изм}}$	$IT4$	$\delta_{\text{изм}}$	$IT5$	$\delta_{\text{изм}}$	$IT6$	$\delta_{\text{изм}}$	$IT7$	$\delta_{\text{изм}}$	$IT8$	$\delta_{\text{изм}}$	$IT9$	$\delta_{\text{изм}}$
До 3	2,0	0,8	3	0,1	4	1,4	6	1,8	10	3	14	3	25	6
От 3 до 6	2,5	1,0	4	1,4	5	1,6	8	2,0	12	3	18	4	30	8
6–10	2,5	1,0	4	1,4	6	2,0	9	2,0	15	4	22	5	36	9
10–18	3,0	1,2	5	1,6	8	2,8	11	3,0	18	5	27	7	43	10
18–30	4,0	1,4	6	2,0	9	3,0	13	4,0	21	6	33	8	52	12
30–50	4,0	1,4	7	2,4	11	4,0	16	5,0	25	7	39	10	62	16
50–80	5,0	1,8	8	2,8	13	4,0	19	5,0	30	9	46	12	72	18
80–120	6,0	2,0	10	3,0	15	5,0	22	6,0	35	10	54	12	87	20
120–180	8,0	2,8	12	4,0	18	6,0	25	7,0	40	12	63	16	100	30
180–250	10,0	4,0	14	5,0	20	7,0	29	8,0	46	12	72	18	115	30
250–315	12,0	4,0	16	5,0	23	8,0	32	10,0	52	14	81	20	130	30
315–400	13,0	5,0	18	6,0	25	9,0	36	10,0	57	16	89	24	140	40
400–500	15,0	5,0	20	6,0	27	9,0	40	12,0	63	18	97	26	155	40

Номинальные размеры, мм	Квалитет											
	10		11		12		13		14		15	
	<i>IT</i> 10	$\delta_{\text{изм}}$	<i>IT</i> 11	$\delta_{\text{изм}}$	<i>IT</i> 12	$\delta_{\text{изм}}$	<i>IT</i> 13	$\delta_{\text{изм}}$	<i>IT</i> 14	$\delta_{\text{изм}}$	<i>IT</i> 15	$\delta_{\text{изм}}$
До 3	40	8	60	12	100	20	140	30	250	50	40	80
От 3 до 6	48	10	75	16	120	30	180	40	300	40	480	10
6–10	58	12	90	18	150	30	220	50	360	80	580	120
10–18	70	14	110	30	180	40	270	60	430	90	700	140
18–30	84	18	130	30	210	50	330	70	520	120	840	180
30–50	100	20	160	40	250	50	390	80	620	140	1000	200
50–80	120	30	190	40	300	60	460	100	740	130	1200	240
80–120	140	30	220	50	350	70	540	120	870	180	1400	280
120–180	160	40	250	50	400	80	630	140	1000	200	1600	320
180–250	285	40	290	60	460	100	720	160	1150	240	1850	380
250–315	210	50	320	70	520	120	810	180	1300	260	2100	440
315–400	230	50	360	80	570	120	890	180	1400	280	2300	460
400–500	250	50	400	80	630	140	970	200	1500	320	2500	500

#### 2.1.4. Экономические данные

При экономическом анализе необходимо учитывать все затраты, связанные с применением конкретного измерительного средства и отдавать предпочтение тому измерительному прибору, который при прочих равных условиях является наиболее простым и стоимость которого меньше.

#### 2.2. Выбор средств измерения

Выбирают измерительный прибор, наибольшая погрешность которого не превышает допускаемой погрешности измерения.

### 3. Определение действительных значений измеряемой детали

Измерение наружных размеров деталей производится по схеме (рис. 7). Поперечные размеры измеряются в трех сечениях (1, 2, 3) и в двух перпендикулярных направлениях (А и Б). При измерении внутренних размеров применяется аналогичная схема.

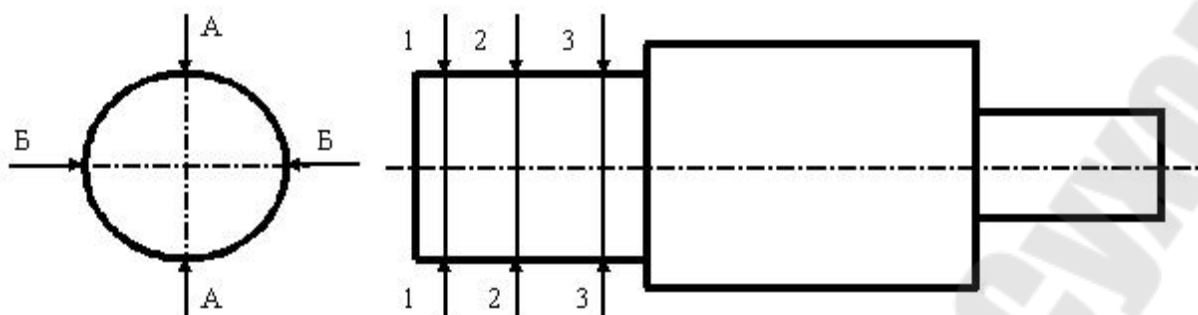


Рис. 7. Схема измерения наружных размеров деталей

Для каждого размера детали по чертежу определяют верхнее и нижнее предельные отклонения и вычисляют предельные размеры. Результаты измерений, а также результаты расчетов заносят в табл. 4.

Таблица 4

### Результаты измерений

Обозначение на чертеже				
Предельные отклонения, мм	верхнее нижнее			
Предельные размеры, мм	наибольшее наименьшее			
Допуск размера, мкм				
Допускаемая погрешность измерения $\delta_{изм}$ , мкм				
Выбранный измерительный инструмент				
Сечение детали	1	А Б		
	2	А Б		
	3	А Б		
Заключение о годности (годная, брак исправимый, брак неисправимый)				

При определении действительных значений детали следует иметь ввиду, что размеры цилиндрической детали из-за погрешностей формы в продольном и осевом сечениях могут быть различны. В этом случае за действительный размер вала принимают его наибольший из всех измеренных размеров, а за действительный размер отверстия – наименьший.

#### 4. Оценка годности детали

В данной работе оценка годности детали производится порознь, по каждому из параметров. При этом сравнивают действительное значение данного параметра с предельными. Если действительное значение диаметра находится между его предельными, то деталь считается годной по рассматриваемому параметру. В противном случае необходимо определить вид брака. Например, если действительный размер вала превышает его наибольший предельный размер, то деталь по данному параметру относится к исправимому браку, а если действительный размер вала меньше наименьшего предельного размера, то деталь относится к неисправимому браку.

#### 5. Порядок проведения работы

1. Изучить устройство, правила проверки, настройки и измерений микрометрическими и штангенинструментами.
2. Ознакомиться с чертежом детали. Рассчитать предельные размеры детали и допуски.
3. Выбрать измерительное средство в зависимости от точности измеряемой детали.
4. Дать метрологическую характеристику штангенциркуля и микрометра (табл. 5, 6).

Таблица 5

Метрологическая характеристика штангенциркуля

Наименование инструмента, ГОСТ	Пределы измерения, мм	Цена деления основной шкалы, мм	Цена деления шкалы нониуса, мм	Предельная погрешность инструмента, мкм

Таблица 6

Метрологическая характеристика микрометра

Наименование инструмента, ГОСТ	Пределы измерения, мм	Цена деления основной шкалы, мм	Цена деления барабана, мм	Предельная погрешность инструмента, мкм

5. Произвести измерение детали согласно схеме измерения.
6. Результаты расчетов и измерений занести в табл. 4.
7. Дать заключение о годности измеренной детали.

## 6. Структура отчета

1. Тема лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Краткое описание выбора измерительных средств.
4. Метрологическая характеристика применяемых измерительных средств (табл. 5, 6).
5. Эскиз детали и схема измерения.
6. Результаты измерений (табл. 4).
7. Описание определения годности измеряемой детали.
8. Краткие ответы на контрольные вопросы.

## 7. Контрольные вопросы

1. Какие размеры называются номинальными, действительными, предельными?
2. Что такое предельные отклонения, допуски?
3. Какой размер является годным согласно чертежу?
4. Как выбираются измерительные средства в зависимости от точности измеряемых деталей?
5. Какие инструменты относятся к штангенинструментам, каково их назначение и применение?
6. Какие инструменты относятся к микрометрическим инструментам, каково их назначение и применение?
7. Как устроено отсчетное устройство штангенинструментов? Из чего состоит отсчетное устройство микрометрических инструментов?
8. Каковы правила измерения размеров деталей микрометрическими и штангенинструментами?
9. Каковы правила подготовки к измерениям штангенинструментов, настройки микрометрических инструментов на нуль?
10. Какова точность микрометрических и штангенинструментов?



**Лабораторная работа № 2**  
**КОНТРОЛЬ КАЛИБР-СКОБ С ПОМОЩЬЮ**  
**ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОНЦЕВЫХ**  
**МЕР ДЛИНЫ**

Калибры являются основным средством контроля деталей в крупносерийном и массовом производствах. Их используют для ручного контроля и широко применяют в автоматических средствах контроля деталей. Калибры обеспечивают высокую надежность контроля и гарантируют взаимозаменяемость изделий.

**Цели работы:**

- ознакомиться с гладкими предельными калибрами и стандартами на них;
- ознакомиться с методами контроля калибров-скоб;
- проверить гладкую предельную скобу с помощью плоскопараллельных концевых мер длины и дать заключение о ее годности.

**1. Калибры для гладких цилиндрических соединений**

**1.1. Основные понятия**

Калибрами называют бесшкальные контрольные инструменты, предназначенные для проверки соответствия действительных размеров, формы и расположения поверхностей изделий предписанным. Они применяются чаще всего для определения годности деталей с точностью 6 ... 17 квалитетов.

С помощью предельных калибров определяют не численное значение контролируемого параметра, а выясняют, выходит ли этот параметр за предельные значения или находится между двумя допустимыми. При контроле деталь считается годной, если проходная сторона калибра (ПР) под действием усилия, примерно равного массе калибра, проходит, а непроходная сторона калибра (НЕ) не проходит по контролируемой поверхности детали. Если ПР не проходит, деталь относят к бракованным с исправимым браком. Если НЕ проходит, деталь относят к бракованным с неисправимым браком.

Виды гладких калибров для цилиндрических отверстий и валов устанавливает ГОСТ 24851–81. Стандарт предусматривает следующие гладкие калибры для валов и относящиеся к ним контрольные калибры:

- ПР – проходной калибр-скоба;
- НЕ – непроходной калибр-скоба;
- К–ПР – контрольный проходной калибр для новой гладкой калибр-скобы;
- К–НЕ – контрольный непроходной калибр для новой гладкой калибр-скобы;
- К–И – контрольный калибр для контроля износа гладкой проходной калибр-скобы.

Для контроля отверстий предусмотрены:

- ПР – проходная калибр-пробка;
- НЕ – непроходная калибр-пробка.

*Калибр-скобы для контроля валов.* Применяют предельные и регулируемые калибр-скобы (ГОСТ 18358–73, ГОСТ 18369–73). К предельным калибр-скобам относятся:

- скобы листовые односторонние (рис. 8, а) и двусторонние;
- скобы штампованные односторонние (рис. 8, б), двухсторонние (рис. 8, в) и односторонние с ручкой (рис. 8, г).

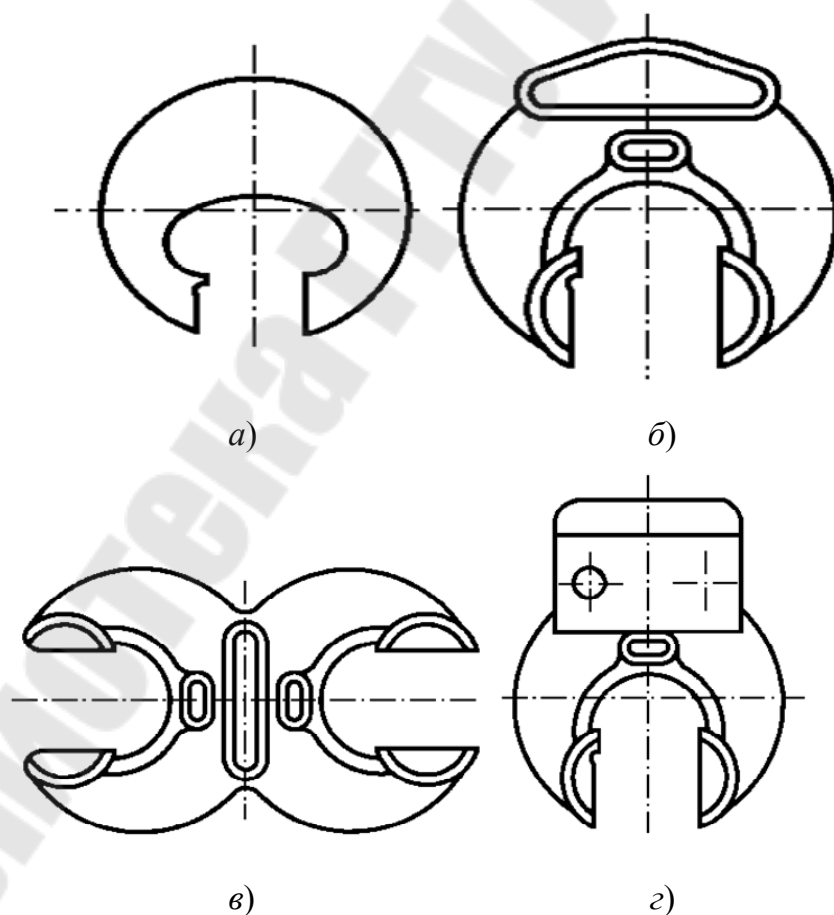


Рис. 8. Калибр-скобы

Регулируемые калибр-скобы (рис. 9) позволяют компенсировать износ и могут настраиваться на разные размеры, относящиеся к определенным интервалам. Однако по сравнению с нерегулируемыми скобами они имеют меньшую точность и надежность и обычно применяются для контроля размеров с допусками не точнее 8 квалитета точности.

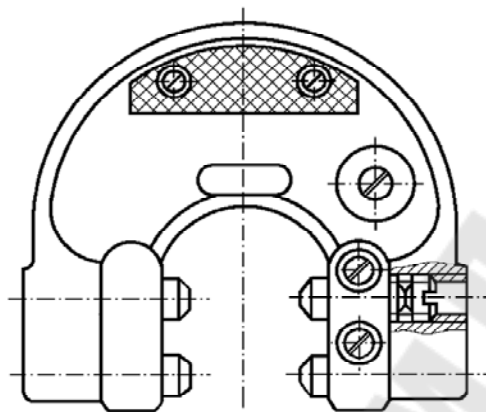


Рис. 9. Регулируемая калибр-скоба

По назначению предельные калибры подразделяют на рабочие, приемные и контрольные.

*Рабочие калибры* предназначены для контроля деталей в процессе их изготовления. Ими пользуются операторы и наладчики оборудования, а также контролеры ОТК завода-изготовителя.

*Приемные калибры* применяют для приемки деталей представителями заказчика.

Для установки регулируемых калибр-скоб и контроля нерегулируемых калибр-скоб, а также для изъятия из эксплуатации вследствие износа применяют *контрольные калибры* (К–И), которые имеют форму шайб. Несмотря на малый допуск контрольных калибров, они все же искажают установленные поля допусков на изготовление и износ рабочих калибров, поэтому вместо них, по возможности, целесообразно применять концевые меры длины или универсальные измерительные приборы.

Технические требования на гладкие нерегулируемые калибры устанавливает ГОСТ 2015–84.

Маркировка калибра предусматривает номинальный размер детали, для которого предназначен калибр, буквенное обозначение поля допуска изделия, числовые значения предельных отклонений изделия в миллиметрах (на рабочих калибрах), тип калибра (например ПР, НЕ, К–И) и товарный знак завода-изготовителя. На рис. 10 представлен

эскиз калибр-скобы (ГОСТ 18362–73) с указанием типовой маркировки, исполнительных размеров, точности формы и шероховатости рабочих поверхностей.

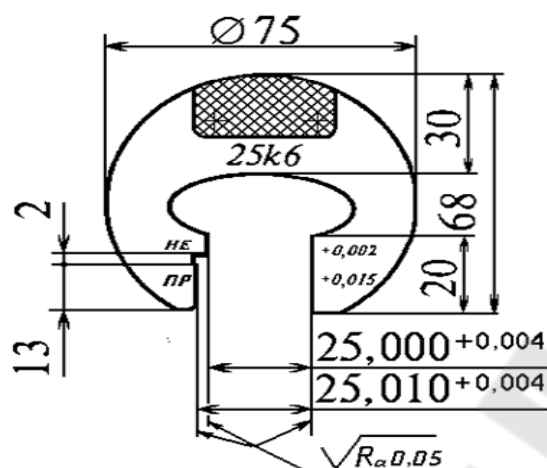


Рис. 10. Эскиз калибр-скобы

## 1.2. Номинальные размеры и допуски калибров

Номинальные размеры калибров соответствуют предельным размерам детали.

Так, для калибр-пробки номинальными размерами являются:

- для проходной стороны – наименьший предельный размер отверстия;
- для непроходной стороны – наибольший предельный размер отверстия (рис. 11, а).

Для калибр-скобы номинальными размерами являются:

- для проходной стороны – наибольший предельный размер вала;
- для непроходной стороны – наименьший предельный размер вала (рис. 11, б).

Допуски калибров установлены стандартом ГОСТ 24853–81 «Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски».

Величины допусков на калибры зависят от качества точности контролируемой детали по соответствующему размеру. Для непроходных калибров (НЕ), которые в процессе контроля изнашиваются незначительно, устанавливается только допуск на неточность изготовления ( $H$  – допуск на неточность изготовления калибр-пробки,  $H_1$  – калибр-скобы). Кроме того, износ непроходных калибров не вызывает искажения посадки, а лишь приводит к сужению табличного поля допуска детали. Допуски на неточность изготовления калибров ( $H$ ,  $H_1$ ) располагаются симметрично относительно соответствующего предельного размера детали.

Для проходных калибров установлены два допуска – допуск на неточность изготовления калибра и допуск на износ, который служит для ограничения износа калибра в процессе его эксплуатации. Положение поля допуска задается в ГОСТ 24853–81 координатой  $Z$  для калибр-пробок (рис. 11, а) и координатой  $Z_1$  для калибр-скоб (рис. 11, б), где  $Z$  – расстояние от нижней границы (нижнего отклонения) поля допуска отверстия до середины поля допуска новой проходной калибр-пробки;  $Z_1$  – расстояние от верхней границы (верхнего отклонения) поля допуска вала до середины поля допуска новой проходной калибр-скобы. По этим координатам и величинам допусков калибров легко найти отклонения, определяющие границы их полей допусков (табл. 7).

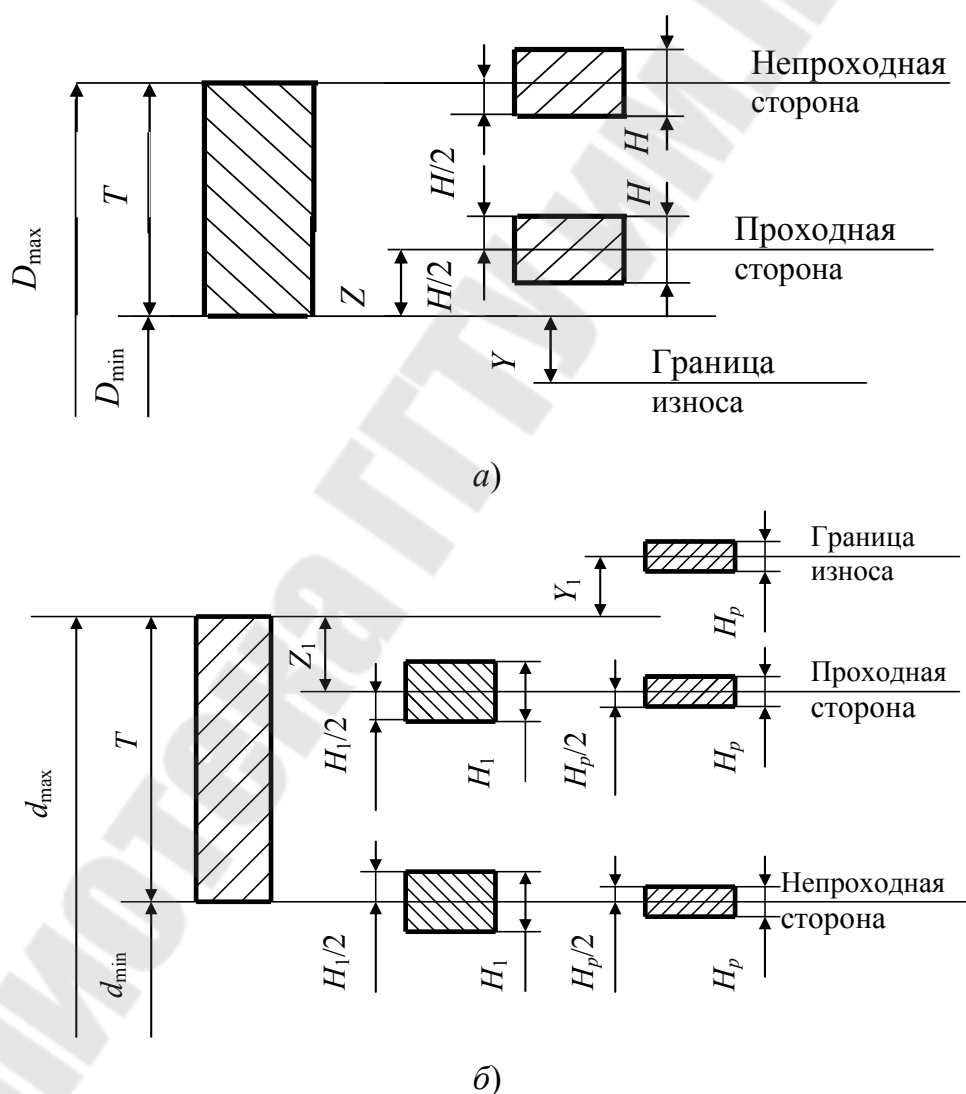


Рис. 11. Схема расположения полей допусков гладких калибров для отверстий и валов размерами до 180 мм

Таблица 7

## Допуски и отклонения калибров (ГОСТ 24853–81), мкм

Ква-литет	Обозна-чение	Интервал размеров, мм									Допуск на форму калибра
		До 3	От 3 до 6	От 6 до 10	От 10 до 18	От 18 до 30	От 30 до 50	От 50 до 80	От 80 до 120	От 120 до 180	
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	1,5	2,5	3	4	
	Y	1	1	1	1,5	1,5	1	2	3	3	
	Z <sub>1</sub>	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	
	Y <sub>1</sub>	1,5	1,5	1,5	2	2,5	3	3	4	4	
	H	1,2	1,5	1,5	2	2	2,5	3	4	5	IT1
	H <sub>1</sub>	2	1	1	1,2	1,2	1,5	2	2,5	3,5	IT1
	H <sub>p</sub>	0,8	2,5	2,5	3	3	4	5	6	8	IT2
7	Z, Z <sub>1</sub>	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	
	Y, Y <sub>1</sub>	1,5	1,5	1,5	2	3,5	3	3	4	4	
	H, H <sub>1</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	IT2
	H <sub>s</sub>	–	–	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	IT1
	H <sub>p</sub>	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	IT1
8	Z, Z <sub>1</sub>	2	3	3	4	5	6	7	8	9	
	Y, Y <sub>1</sub>	3	3	3	4	4	5	5	6	6	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	IT2
	H <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	IT3
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	IT1
9	Z, Z <sub>1</sub>	5	6	7	8	9	11	13	15	18	
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	IT2
	H <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	IT3
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	IT1
10	Z, Z <sub>1</sub>	5	7	7	8	9	11	13	15	18	
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	IT2
	H <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	IT3
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	IT1
11	Z, Z <sub>1</sub>	10	12	14	16	19	22	25	28	32	
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H, H <sub>1</sub>	4	5	6	8	9	11	13	15	18	IT4
	H <sub>s</sub>	–	–	4	5	6	7	8	10	12	IT3
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	3	4	5	IT1

Ква-литет	Обозначение	Интервал размеров, мм									Допуск на форму калибра
		До 3	От 3 до 6	От 6 до 10	От 10 до 18	От 18 до 30	От 30 до 50	От 50 до 80	От 80 до 120	От 120 до 180	
12	$Z, Z_1$	10	12	14	16	19	22	25	25	32	
	$Y, Y_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$H, H_p$	4	5	6	8	9	11	13	13	18	IT4
	$H_1$	–	–	4	5	6	7	8	8	12	IT3
	$H_p$	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	IT1

Износ проходных калибров приводит к искажению характера посадки. В связи с этим износ проходных калибров ограничивается размером предельного износа, задаваемого посредством координат  $Z$  для калибр-пробок и координатой  $Z_1$  для калибр-скоб. На схеме расположения полей допусков калибров показывают величину поля допуска на износ, соответствующую средней величине износа калибра, когда размер нового калибра определяется серединой поля допуска на неточность его изготовления, как наиболее вероятный.

Для контрольных калибров устанавливают только допуск на неточность изготовления  $H_p$ . Допуск на износ не устанавливают, так как они изнашиваются значительно меньше, чем рабочие проходные калибры. Величины допусков контрольных калибров также зависят от качества точности контролируемой детали.

### 1.3. Исполнительные размеры калибров

Исполнительным размером калибра называется размер, проставленный на его чертеже, т. е. размер, по которому изготавливают новый калибр. В качестве исполнительного размера берется тот из двух предельных размеров, который соответствует максимуму металла.

Исполнительным размером калибр-пробки является его наибольший предельный размер с отрицательным отклонением, равным  $H$  (допуску на изготовление калибр-пробки). Исполнительным размером калибра-скобы является его наименьший предельный размер с отклонением в плюс, равным  $H_1$  (допуску на изготовление калибр-скобы). Исполнительным размером контрольного калибра называется наибольший предельный размер калибра с отклонением в минус, равным  $H_p$  (допуску на изготовление контрольного калибра).

Исполнительные размеры калибров должны определяться по формулам, указанным в табл. 8.

### Формулы для определения исполнительных размеров калибров

Калибр		Номинальный размер изделия, мм			
		До 180 мм			
		Рабочий калибр		Контрольный калибр	
		Размер	Допуск	Размер	Допуск
Для отверстия	Проходная сторона новая	$D_{\min} + Z$	$\pm \frac{H}{2}$	–	–
	Проходная сторона изношенная	$D_{\min} - Y$	–	–	–
	Непроходная сторона	$D_{\max}$	$\pm \frac{H}{2}$ или $\pm \frac{H_S}{2}$	–	–
Для вала	Проходная сторона новая	$D_{\max} - Z_1$	$\pm \frac{H_1}{2}$	$D_{\max} - Z_1$	$\pm \frac{H_P}{2}$
	Проходная сторона изношенная	$D_{\max} + Y_1$	–	$D_{\max} + Y_1$	$\pm \frac{H_P}{2}$
	Непроходная сторона	$D_{\min}$	$\pm \frac{H_1}{2}$	$D_{\min}$	$\pm \frac{H_P}{2}$

Исполнительные размеры рабочих калибров могут быть определены также по ГОСТ 21401–75.

## 2. Контроль калибр-скобы

### 2.1. Проверка калибр-скобы контрольными калибрами

Калибр-скоба проверяется контрольными калибрами К–ПР и К–НЕ в процессе изготовления и калибром К–И в процессе эксплуатации. Калибр К–ПР, предназначенный для контроля рабочей проходной скобы, и калибр К–НЕ, предназначенный для контроля непроходной скобы, должны плавно, под собственным весом входить в скобу. Вхождение каждого из этих калибров в проверяемую скобу указывает на то, что размер калибр – скобы находится в поле допуска, т. е. скоба годна к эксплуатации. С помощью калибра К–И контролируют износ проходной скобы. Вхождение калибра К–И в проходную скобу указывает на то, что ее размер в результате износа превысил допустимый предел. Если же размеры проверяемой скобы еще находятся в поле допуска, калибр К–И не должен проходить в нее.



## **2.2. Проверка калибр-скобы с помощью плоскопараллельных концевых мер длины**

Проходная скоба:

– набирается блок концевых мер размером, равным среднему размеру контрольного калибра К–ПР. Этот блок должен входить в проходную скобу.

– набирается блок концевых мер размером, равным среднему размеру контрольного калибра К–И. Этот блок концевых мер не должен входить в скобу, в противном случае скоба является изношенной.

Непроходная скоба:

– набирается блок концевых мер размером, равным среднему размеру контрольного калибра К–НЕ. Этот блок должен входить в непроходную скобу плотно, без люфта и покачивания, в этом случае скоба годна. Если же блок концевых мер входит очень свободно, то скоба является негодной к эксплуатации.

## **3. Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с основными понятиями о калибрах и их допусках.

2. По маркировке калибра и ГОСТ 25346–89, ГОСТ 25347–82 установить предельные размеры вала, для контроля которого предназначен калибр.

3. Построить схему расположения поля допуска (рис. 12) рабочих и контрольных калибров (ГОСТ 25347–82) для заданного калибр-скобы и установить номинальные и предельные размеры рабочих и контрольных калибров; заполнить табл. 9 (форма отчета).

4. Проверить проходную сторону скобы.

5. Определить средний размер контрольного калибра К–ПР.

6. Подобрать расчетом концевые меры для составления блока на средний размер калибра К–ПР.

7. Составить блок и проверить им проходную сторону скобы. Блок должен входить в скобу.

8. Определить средний размер контрольного калибра К–И.

9. Подобрать расчетом концевые меры для составления блока на средний размер калибра К–И.

10. Составить блок и проверить им проходную сторону скобы. Блок не должен входить в скобу.

11. Проверить непроходную сторону скобы.

12. Определить средний размер контрольного калибра К–НЕ.

13. Подобрать расчетом концевые меры для составления блока на средний размер калибра К–НЕ.

14. Составить блок и проверить им непроходную сторону скобы. Блок должен входить в скобу плотно, без люфта и покачивания.

15. Результаты проверки занести в табл. 10 (форма отчета).

16. Сделать заключение о годности каждой стороны скобы.

17. Рассчитать исполнительные размеры калибр-скобы.

18. Сделать эскиз калибра, указать его маркировку и исполнительные размеры.

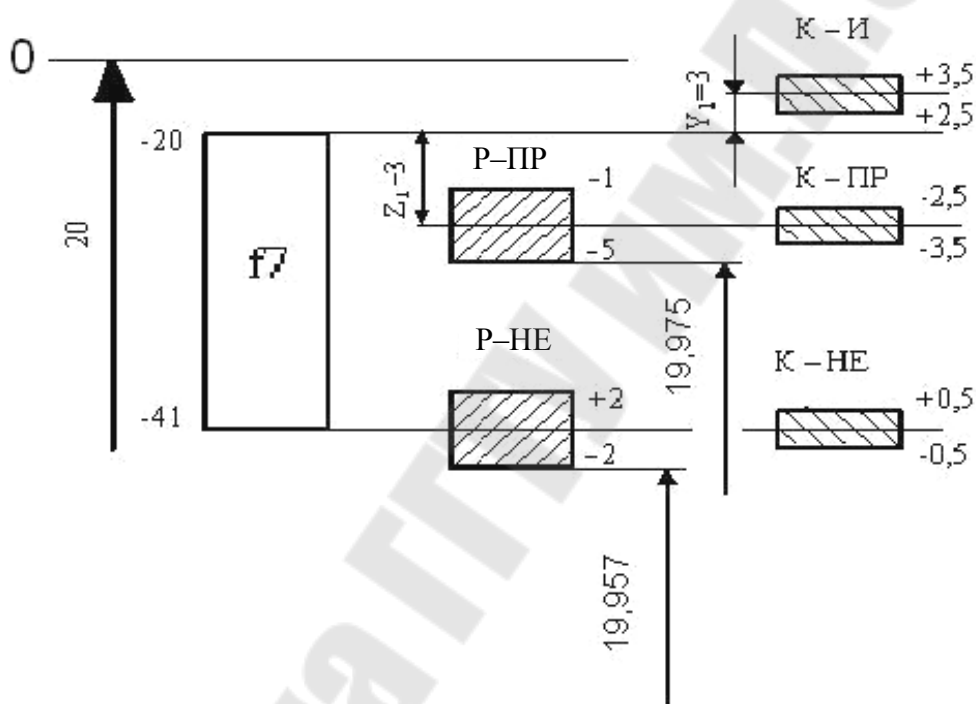


Рис. 12. Схема расположения полей допусков

Приведем пример расчета исполнительных размеров рабочей скобы и средних размеров контрольных калибров.

Исполнительные размеры рабочей скобы следующие, мм:

а) проходной новой –  $P-PP_{\min} = d_{\text{ном}} + es - Z_1 - \frac{H_1}{2}$ ;

$$P-PP_{\min} = 20,000 + (-0,020) - 0,003 - 0,002 = 19,975;$$

б) непроходной –  $P-HE = d_{\text{ном}} + ei - \frac{H_1}{2}$ ;

$$P-HE_{\min} = 20,000 + (-0,041) - 0,002 = 19,957.$$

Средние размеры контрольных калибров следующие, мм:

а) контрольный проходной – К–ПР =  $d_{\text{НОМ}} + es - Z_1$ ;

$$\text{К–ПР} = 20,000 + (-0,020) - 0,003 = 19,977;$$

б) контрольный проходной – К–И =  $d_{\text{НОМ}} + es + Y_1$ ;

$$\text{К–И} = 20,000 + (-0,020) + 0,003 = 19,983;$$

в) контрольный непроходной – К–НЕ =  $d_{\text{НОМ}} + ei$ ;

$$\text{К–НЕ} = 20,000 + (-0,041) = 19,959.$$

#### 4. Структура отчета

1. Цель работы.
2. Наименование и метрологическая характеристика измерительного средства.
3. Схема расположения полей допусков калибров.
4. Размеры калибров (табл. 9).
5. Результаты проверки заданной калибр-скобы (табл. 10).
6. Эскиз калибра с указанием маркировки и исполнительных размеров.
7. Краткие ответы на контрольные вопросы.

Таблица 9

Размеры калибров

Наименование калибров	Номинальный размер, мм	Предельные отклонения, мкм		Предельные размеры, мкм		Средний размер, мм	Размер блока, мм
		Верхнее	Нижнее	Наибольший	Наименьший		
ПР							
К–ПР							
К–И							
НЕ							
К–НЕ							

Таблица 10

Результаты проверки калибр-скобы

Проверяемый калибр	Контрольный калибр	Требуемая проходимость	Наблюдаемая проходимость	Заключение о годности
ПР	К–ПР			
	К–И			
НЕ	К–НЕ			

## 5. Контрольные вопросы

1. Что называется калибром? Каковы их классификация и применение?
2. Чему равен номинальный размер предельного калибра?
3. Чему равен исполнительный размер предельного калибра?
4. Как маркируются калибры?
5. Чем определяется годность рабочих и приемных калибров?
6. Как проверяется годность калибров с помощью плоскопараллельных концевых мер?

**Лабораторная работа № 3**  
**ИЗМЕРЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ  
И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ**

Одними из основных причин, вызывающих нарушение взаимозаменяемости и снижение качества изделий, являются отклонения формы и расположения поверхностей деталей, возникающие при изготовлении, а также в процессе работы машин. Отклонения формы и расположения поверхностей деталей изменяют установленный характер посадок, способствуя не только снижению точности соединений, но и нарушению условий работы, что приводит к интенсивному износу и уменьшению долговечности изделий. Изучение причин возникновения и системы нормирования отклонений формы и расположения поверхностей, а также умение их измерять имеет большое практическое значение в инженерной деятельности.

**Цели работы:**

- ознакомиться с основными понятиями, определениями и системой нормирования отклонений формы и расположения поверхностей цилиндрических деталей по ГОСТ 24643–81;
- научиться измерять отклонения формы и расположения поверхностей цилиндрических деталей;
- научиться определять степень точности и уровень относительной геометрической точности деталей в соответствии с ГОСТ 24643–81;
- научиться обозначать на чертежах допуски формы и расположения поверхностей деталей по ГОСТ 24643–81.

**1. Порядок выполнения работы**

1. Изучить виды отклонений формы и расположения поверхностей цилиндрических деталей.
2. Выбрать измерительные средства в зависимости от точности измеряемых деталей.
3. Измерить отклонения формы цилиндрической детали (наружной или внутренней поверхности).
4. Измерить суммарные отклонения формы и расположения поверхностей (радиальное и торцевое биения).
5. Определить степень и уровень относительной геометрической точности измеренных деталей.

## 2. Нормирование отклонений формы и расположения поверхностей

Для нормирования отклонений формы и расположения установлено 16 степеней точности, номера которых возрастают в порядке уменьшения точности (ГОСТ 24643–81). Выбор допусков при заданной степени точности производится в зависимости от длины нормируемого участка, если же она не задается, – исходя из длины поверхности (допуски плоскостности, прямолинейности, параллельности, перпендикулярности) или в зависимости от номинального диаметра поверхности (допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения).

Допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения, плоскостности, прямолинейности и параллельности назначаются в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска размера. В зависимости от соотношения между допуском размера и допусками формы и расположения устанавливаются следующие уровни относительной геометрической точности:

- А – нормальная относительная геометрическая точность, если допуск формы или расположения составляет 60 % от допуска размера;
- В – повышенная относительная геометрическая точность, если допуск формы или расположения составляет 40 % от допуска размера;
- С – высокая относительная геометрическая точность, если допуск формы или расположения составляет примерно 25 % от допуска размера.

## 3. Выбор измерительных средств

Для того, чтобы провести измерения с наименьшими погрешностями, которые неизбежны при любых измерениях, очень важно правильно выбрать измерительные средства. Обычно их приходится выбирать из нескольких вариантов, отличающихся стоимостью, производительностью, точностью. В данной работе необходимо выбрать измерительные средства в зависимости от точности изготовления измеряемых деталей. Для этого, ознакомившись с чертежами детали, определяют допуск  $IT$  на ее изготовление, который зависит от номинального размера и качества. Допускаемая погрешность измерения  $\delta_{\text{изм}}$  зависит от допуска  $IT$  на изготовление детали, величину ее находят по табл. 3 (ГОСТ 8.051–81 «Основные нормы взаимозаменяемости»). Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм, в котором приведено 15 рядов допустимых погрешностей измерения, установленных для размеров от 1 до 500 мм. В тех случаях, когда до-

пуск на изготовление не совпадает с указанными в табл. 3, погрешность измерения допускается выбирать по ближайшему меньшему значению  $\delta_{\text{изм}}$ . Величины допустимых погрешностей измерения составляют от 20 (для грубых квалитетов) до 35 % допуска на изготовление изделия. После определения допускаемой погрешности измерения, выбирают такие измерительные приборы, наибольшая погрешность которых не превышает табличной.

#### 4. Измерение отклонений формы цилиндрических наружных поверхностей

##### 4.1. Измерение овальности и отклонений формы в продольном сечении

Измерение производим с помощью индикатора часового типа (ИЧ), который установлен в штативе.

Деталь укладывают на плоский столик прибора так, чтобы под измерительным наконечником находилось проверяемое сечение, например, сечение 1 (рис. 13). Измерительную головку устанавливают на ноль.

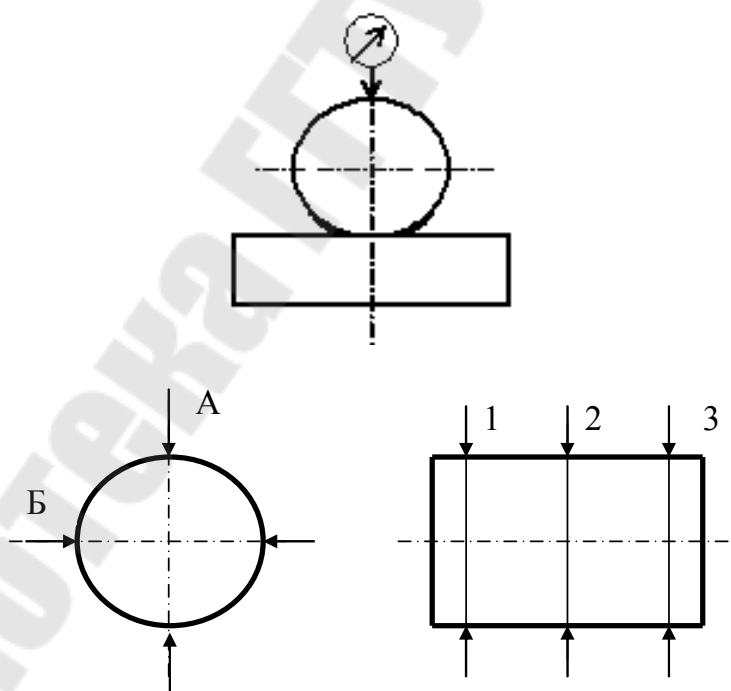


Рис. 13. Схема измерения отклонений формы

На поверхности детали проводят карандашом две прямые, т. е. отмечают образующие цилиндра в двух взаимно-перпендикулярных направлениях А и Б, по которым производят измерения в каждом сечении.

Прокатывая деталь под наконечником (для того, чтобы измерять диаметр, а не ближайшую хорду), отмечают и записывают в табл. 11 показание, соответствующее сечению 1 и направлению А. Затем, повернув деталь на 90°, снова прокатывают ее под измерительным наконечником и получают показание, соответствующее сечению 1 и направлению Б. Те же операции повторяют для сечений 2 и 3. Таким образом, получают шесть показаний прибора, по которым находят:

а) отклонение формы в поперечном сечении детали (овальность) как алгебраическую полуразность двух показаний, взятых в одном сечении (1, 2 или 3) по двум взаимно-перпендикулярным направлениям (А и Б);

б) отклонение формы в продольном сечении (конусообразность, бочкообразность или седлообразность) как наибольшую полуразность двух показаний, взятых в одном направлении (А или Б) и в разных сечениях (1, 2, 3).

Таблица 11

**Результаты измерения овальности, конусообразности, бочкообразности, седлообразности**

Показания прибора, мкм			Величина отклонения формы, мкм	Вид отклонения формы	
Направления	Сечения				
	1	2	3		
А					
Б					

Допуски соосности, симметричности и пересечения осей, радиального биения и полного радиального биения, цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения определяются по табл. 12, уровень геометрической точности – по табл. 13.

Таблица 12

**Допуски соосности, симметричности и пересечения осей, радиального биения и полного радиального биения, цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения (по ГОСТ 24643–81)**

Допуски		Степень точности									
1*	2*	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Интервалы размеров, мм		мкм					мм				
	До 3	5	8	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2	0,3
	От 3 до 10	6	10	16	25	40	60	0,01	0,16	0,25	0,4
	От 10 до 18	8	12	20	30	50	80	0,12	0,20	0,30	0,5
До 3	От 18 до 30	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,40	0,6



Допуски		Степень точности									
1*	2*	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Интервалы размеров, мм		мкм					мм				
От 3 до 6	От 30 до 50	12	20	30	50	80	120	0,20	0,30	0,50	0,8
От 6 до 10	От 50 до 120	16	25	40	60	100	160	0,25	0,40	0,60	1,0
От 10 до 18	От 120 до 250	20	30	50	80	120	200	0,30	0,50	0,80	1,2
От 18 до 30	От 250 до 400	25	40	60	100	160	250	0,40	0,60	1,00	1,6
От 30 до 50	От 400 до 630	30	50	80	120	200	300	0,50	0,80	1,20	2,0
50–120	630–1000	40	60	100	160	250	400	0,60	1,00	1,60	2,5
120–250	–	20	80	120	200	300	500	0,80	1,20	2,00	3,0

Примечания: 1\* – Допуски соосности, симметричности, пересечения осей радиального и полного радиального биений.

2\* – Допуски цилиндричности, круглости профиля продольного сечения.

Таблица 13

#### Относительная геометрическая точность формы цилиндрических поверхностей (по ГОСТ 24643–81)

Относительная геометрическая точность	А Нормальная	В Повышенная	С Высокая	Особо высокая
Среднее соотношение допусков формы и размеров $\left( \frac{2T_{\phi}}{T_{\text{д}}} \cdot 100 \% \right)$	60	40	25	Менее 25

#### 4.2. Измерение огранки

Измерение огранки (рис. 14) с нечетным числом граней производят трехконтактным методом, при котором две точки профиля детали соприкасаются с опорой, а одна точка с наконечником прибора. Для этого цилиндрическую деталь устанавливают в призме. Призму с измеряемой деталью помещают на столике стойки или на измерительной плите так, чтобы ось измерительного стержня была перпендикулярна оси детали и пересекала ее. В этом положении устанавливают измерительную головку на нуль. На поверхности детали намечают начальную точку измерения в данном сечении (например, в сечении 1). Медленно вращая деталь в призме (избегая осевого перемещения), замечают наибольшее и наименьшее показания прибора за полный оборот детали и заносят их в табл. 14. То же самое проделывают и для сечений 2, 3.

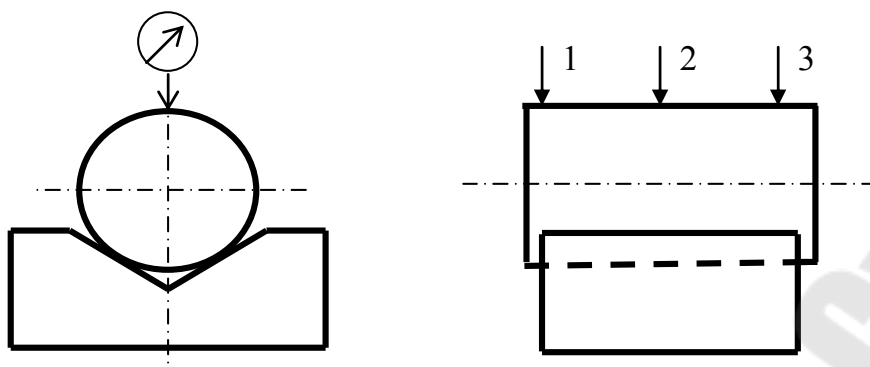


Рис. 14. Схема измерения огранки

Таблица 14

**Результаты измерения огранки**

Показания прибора, мкм	Сечение детали			Коэффициент воспроизведения огранки
	1	2	3	
Наибольшее				
Наименьшее				
Разность показаний				
Величина огранки, мкм				
Степень точности				
Допуск круглости				

Величина огранки подсчитывается по следующей формуле:

$$\delta_{\text{огр.}} = \frac{A}{K},$$

где  $A$  – алгебраическая разность наибольшего и наименьшего показаний измерительной головки;  $K$  – коэффициент воспроизведения огранки, числовые значения которого приведены в табл. 15.

Для измерений следует выбирать призму с углом, который обеспечивает наибольшее значение  $K$ .

*Примечание.* Наличие огранки, а также число граней определяют при повороте детали на  $360^\circ$  под измерительным стержнем. Изменение показаний прибора укажет на наличие огранки, а количество таких изменений – на число граней.

Таблица 15

**Коэффициент воспроизведения огранки**

Число граней изделия	Значение $K$ при угле призмы, град.			
	60	90	108	120
3	3,0	2,0	1,6	1,0
5	3,0	2,0	1,2	2,0

Число граней изделия	Значение К при угле призмы, град.			
	60	90	108	120
7	0	0	1,3	1,0
9	3,0	0	0	1,0

Измерив отклонения формы детали в продольном и поперечном сечениях и определив в соответствии с ГОСТ 24643–81 ее отклонение от цилиндричности, находят степень точности и уровень относительной точности измеренной детали (табл. 12, 13).

### 5. Измерение радиального и торцового биений

При измерении радиального и торцового биений поверхностей А, Б, В, Г, Д (рис. 15) относительно базовой оси, деталь устанавливается в центрах прибора для измерений биений (М–200).

Затем настраивают наконечник измерительной головки на указанную поверхность. Так, при измерении радиального биения поверхностей А, Б, В измерительный наконечник устанавливается перпендикулярно образующей цилиндрической поверхности таким образом, чтобы ось измерительного стержня и ось детали находились в одной плоскости.

При измерении торцового биения наконечник измерительной головки подводится к торцовым поверхностям Г и Д детали. Направление оси наконечника должно быть перпендикулярно указанным поверхностям, а сам наконечник должен быть установлен на как можно большем диаметре. Затем необходимо установить измерительную головку на нуль, создав с помощью винта микроподдачи предварительный «натяг», равный 1–1,5 оборота большой стрелки (для индикаторов часового типа). Медленно вращают деталь в центрах и замечают наибольшее и наименьшее показания головки за 1 оборот. Алгебраическая разность наибольшего и наименьшего показаний прибора определяет величину радиального (торцового) биения. Измеряют последовательно радиальное биение поверхностей А, Б, В и торцовое биение поверхностей Г и Д. Результаты измерений заносятся в табл. 16. По стандарту ГОСТ 24643–81 (табл. 17) определяют степень точности измеренной детали, допускаемое биение для данной степени точности и уровень относительной геометрической точности.

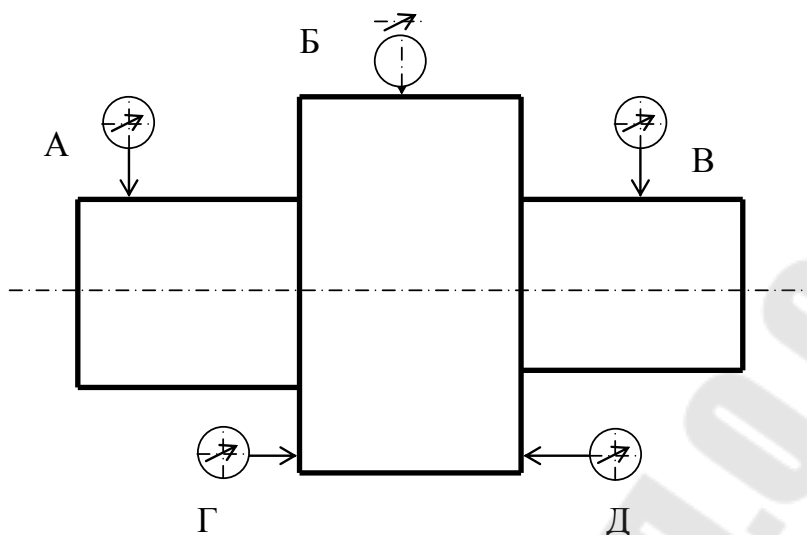


Рис. 15. Схема измерения радиального и торцового биений

Таблица 16

**Результаты измерения радиального и торцового биений**

Измеряемая поверхность		А	Б	В	Г	Д
Показания прибора, мм	Наибольшее					
	Наименьшее					
Величина наблюдаемого биения, мм						
Степень точности						
Допуск биения, мкм						
Уровень точности						

Таблица 17

**Допуски параллельности, перпендикулярности, наклона, торцового и полного торцового биений (по ГОСТ 24643–81)**

Степень точности	Интервалы размеров, мм						
	10–16	16–25	25–40	40–63	63–100	100–160	160–250
	Допуски, мкм						
1	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
2	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0
3	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
4	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
6	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0
7	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	25,0	30,0
8	12,0	16,0	20,0	25,0	30,0	40,0	50,0

Степень точности	Интервалы размеров, мм						
	10–16	16–25	25–40	40–63	63–100	100–160	160–250
	Допуски, мкм						
9	20,0	25,0	30,0	40,0	50,0	60,0	80,0
10	30,0	40,0	50,0	60,0	80,0	100,0	120,0
11	50,0	60,0	80,0	100,0	120,0	160,0	200,0
12	50,0	60,0	80,0	100,0	120,0	160,0	200,0
13	0,12	0,16	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
14	0,20	0,25	0,30	0,40	1,5	0,60	0,80
15	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20
16	0,50	0,60	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00

## 6. Структура отчета

1. Тема лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Метрологическая характеристика применяемых средств измерения и приспособлений к ним.
4. Схемы измерения:
  - а) овальности, конусообразности, бочкообразности, седлообразности (для наружных или внутренних поверхностей);
  - б) огранки;
  - в) радиального и торцового биений.
5. Результаты измерения.
6. Заключение о годности детали.
7. Краткие ответы на контрольные вопросы.

## 7. Контрольные вопросы

1. Какие виды отклонений формы нормированы по ГОСТ 24643–81? Как они определяются?
2. Какие виды отклонений расположения поверхностей нормированы по ГОСТ 24643–81?
3. Какие виды отклонений являются суммарными отклонениями формы и расположения поверхностей и почему?
4. Какие степени точности формы и расположения поверхностей установлены стандартом? Что понимают под уровнем относительной геометрической точности?
5. Как обозначаются на чертежах допуски формы и расположения поверхностей?

6. Как осуществляется выбор измерительных средств?
7. Как измеряют отклонения формы наружных и внутренних цилиндрических поверхностей?
8. Как измеряют радиальное и торцовое биение?
9. Как определяют степень точности и уровень относительной геометрической точности деталей?

## **Лабораторная работа № 4**

### **ИЗМЕРЕНИЕ НАРУЖНЫХ РЕЗЬБ ПО ЭЛЕМЕНТАМ**

Для большинства резьбовых деталей, применяемых в машиностроении, установлен суммарный допуск на средний размер, включающий в себя допуск на собственно средний диаметр, шаг и половину угла профиля резьбы (ГОСТ 16093–70). Контроль таких деталей осуществляется, как правило, комплексным методом, т. е. при помощи предельных резьбовых калибров.

В некоторых случаях при повышенных требованиях калибров, резьбообразующего инструмента, микрометрических и ходовых винтов, а так же резьбовых деталей, сортируемых на группы, допуски даются отдельно на каждый параметр резьбы. Для контроля таких деталей применяют дифференцированный или поэлементный метод. Отдельные параметры резьбы проверяют так же у резьбовых деталей при исследовании причин брака, наладке технологического процесса, для определения годности деталей даже в том случае, когда допуск на средний диаметр является суммарным.

Твердое знание и умение измерять отдельные элементы резьб способствуют успешному изучению курса «Нормирование точности и технические измерения» и имеют большое значение на практике.

#### **Цели работы:**

- ознакомится с методами и средствами измерения цилиндрических резьб;
- научиться измерять наружный и средний диаметры, шаг, половину угла профиля резьбы;
- научиться определять годность резьбовых деталей.

#### **1. Порядок выполнения работы**

1. Ознакомится с содержанием работы, приборами и инструментами для измерения элементов резьбы.
2. Дать метрологическую характеристику применяемых средств измерения.
3. Измерить шаг резьбы, наружный и средний диаметры резьбы (средний диаметр резьбы измерить резьбовым микрометром и методом «трех проволок»).

4. По стандарту определить предельные отклонения измеряемых элементов резьб, подсчитать их предельные размеры, построить поля допусков.

5. Дать заключение о годности резьбы.

## 2. Измерение наружных резьб по элементам

При поэлементном контроле у наружных резьб измеряют собственно средний диаметр, шаг, половинку угла профиля и наружный диаметр.

*Наружный диаметр.* Для измерения наружного диаметра резьбы применяют универсальные измерительные приборы и инструменты (микрометры, микроскопы, оптиметры и др.)

*Шаг наружной резьбы* может быть измерен на микроскопах, шагомерах. Номинальный шаг резьбы определяется с помощью резьбовых шаблонов (резьбомеров). В соответствии с ГОСТ 519–66 резьбовые шаблоны выпускаются в виде наборов для метрической резьбы с шагом от 0,4 до 6 мм включительно. При наложении резьбомера на профиль резьб (рис. 16, а, б) следует использовать как можно большую ее длину, так как это повышает точность определения шага.

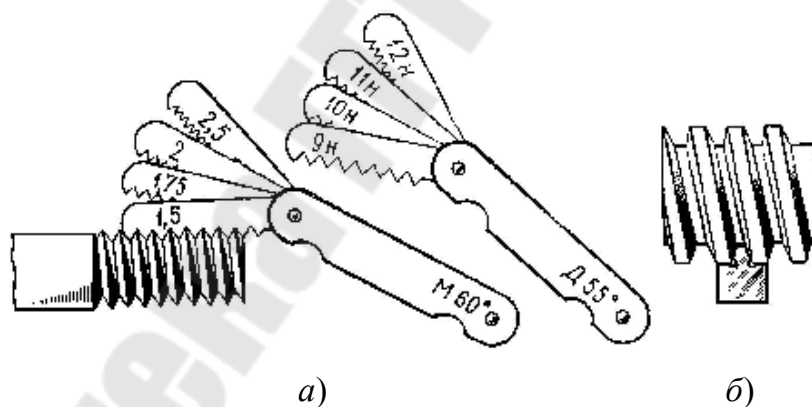


Рис. 16. Измерение шага резьбы резьбомером

*Средний диаметр* наружной резьбы измеряют резьбовым микрометром (рис. 17, а), методом «трех проволочек», на микроскопах (универсальных и инструментальных).

Рассмотрим следующее:

1. Измерение среднего диаметра резьбы микрометром. Резьбовой микрометр отличается от гладкого наличием призматической и конической вставок. Резьбовые микрометры изготавливают разных конструкций: с регулируемой пяткой или с регулируемым барабаном.



При смене резьбовых вставок, предназначенных для определенного диапазона шагов, микрометр устанавливается на нуль.

Для установки на нуль резьбового микрометра с регулируемой пяткой необходимо совместить нулевой штрих барабана с продольным штрихом стебля, край барабана – с нулевым штрихом стебля и закрепить микровинт стопором. После этого следует отпустить контргайку пятки и, вращая гайку, довести призматическую вставку до упора в коническую. Затем надо закрепить контргайку пятки и, отпустив стопор микровинта, проверить нулевое положение. Отклонение допустимо в пределах  $\pm 0,01$  мм.

Установка на нуль резьбового микрометра с регулируемым барабаном производится также, как и гладкого микрометра.

При измерении микрометром среднего диаметра резьбы пользоваться трещоткой нельзя. Поэтому контролируемая резьба как бы «проталкивается» с усилием через резьбовые вставки (рис. 17, б). Если резьба проходит очень свободно, надо несколько сблизить вставки и снова повторить «проталкивание». Если же резьба проходит туго или совсем не проходит, надо раздвинуть вставки. После достижения нужного положения снимается отсчет по микрометру.

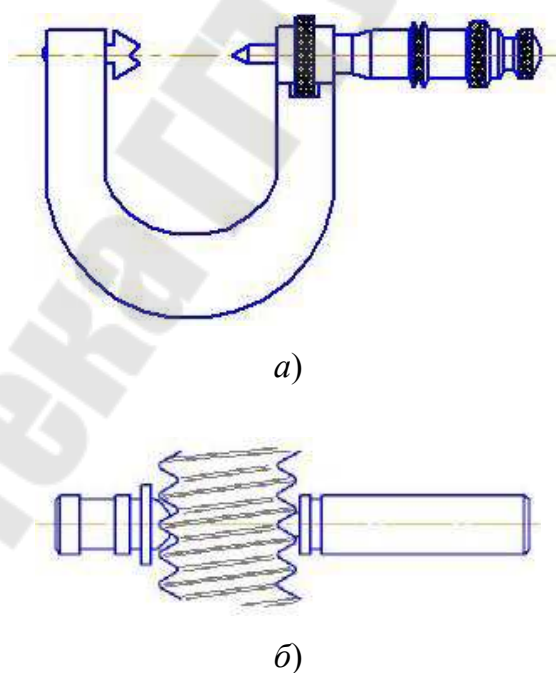


Рис. 17. Резьбовой микрометр (а) и вставки к нему (б)

Погрешности измерения резьбовым микрометром резьб до М6 составляют 0,04–0,05 мм. Для крупных шагов наибольшая погрешность достигает 0,15 мм. При этом микровинт всегда показывает зна-

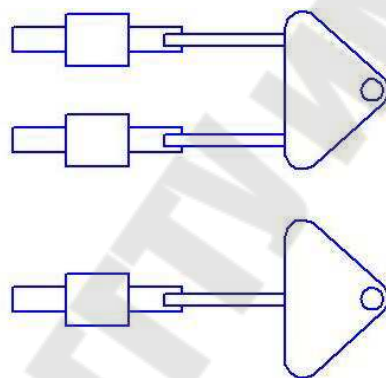
чение среднего диаметра, большее действительного на указанную погрешность.

2. Измерение среднего диаметра резьбы методом «трех проволочек» (рис. 18, а, б). Этот метод является более точным.

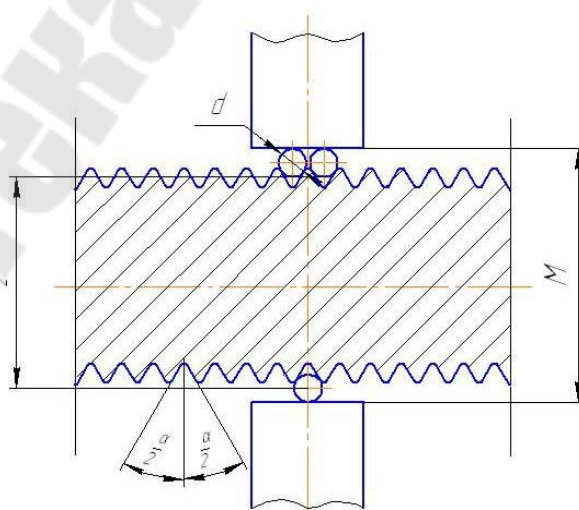
Он заключается в том, что во впадины резьбы вкладывают цилиндрические калибр-проволочки (ролики), причем диаметр последних должен быть таким, чтобы касание проволочки с профилем резьбы происходило на линии среднего размера. С помощью универсальных измерительных средств (микрометра, оптиметра, длиномера и т. п. измеряют размер  $M$ , после этого определяют средний диаметр резьбы по следующей формуле:

$$d_2 = M - A,$$

где  $A = 3d_{\text{пр}} - 0,866P$ .



а)



б)

Рис. 18. Проволочки для измерения среднего диаметра резьбы

Наивыгоднейший диаметр проволочек по ГОСТ 12734–67 и значение  $A$  для подсчета среднего диаметра в зависимости от шага представлены в табл. 18.

Таблица 18

**Наивыгоднейший диаметр проволочки  $d_{пр}$  и величин  $A$  для подсчета среднего диаметра метрической резьбы**

Шаг $P$ , мм	Диаметр проволочки, $d_{пр}$ , мм	Величина $A$ , мм	Шаг, $P$ , мм	Диаметр проволочки, $d_{пр}$ , мм	Величина $A$ , мм
0,075	0,045	0,071	0,7	0,402	0,500
0,08	0,048	0,079	0,75	0,433	0,650
0,09	0,052	0,078	0,8	0,461	0,690
0,1	0,058	0,087	1,0	0,572	0,850
0,125	0,073	0,111	1,25	0,724	1,090
0,15	0,088	0,134	1,5	0,866	1,299
0,175	0,103	0,156	1,75	1,008	1,508
0,2	0,118	0,181	2,0	1,157	1,739
0,25	0,142	0,210	2,5	1,44	2,158
0,3	0,170	0,250	3,0	1,132	2,590
0,35	0,201	0,300	3,5	2,020	3,029
0,4	0,232	0,350	4,0	2,311	3,469
0,45	0,260	0,390	4,5	2,295	3,888
0,6	0,343	0,509	5,5	3,177	4,768

Погрешность измерения среднего диаметра резьбы методом «трех проволочек» в значительной мере зависит от погрешностей прибора, измеряющего размер  $M$ . Поэтому для точных измерений применяют оптиметры, длиномеры, измерительные машины типа ИЗМ и т. п.

*Угол профиля* наружной резьбы измеряют на микроскопах.

*Внутренний диаметр* наружной резьбы измеряют на микроскопах с помощью резьбового микрометра с конической и плоской вставками.

### 3. Структура отчета

1. Тема лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Метрологическая характеристика применяемых средств измерений (занести в табл. 19).

**Метрологическая характеристика применяемых средств измерения**

Наименование инструмента, ГОСТ	Пределы измерений	Цена деления основной шкалы	Цена деления шкалы барабана	Предельная погрешность инструмента

Проволочки по ГОСТ \_\_\_\_\_ тип \_\_\_\_\_

Наивыгоднейший диаметр \_\_\_\_\_

Резьбовой шаблон \_\_\_\_\_

4. Результаты измерений и заключения о годности представить в табл. 20.

5. Краткие ответы на контрольные вопросы.

**Результаты измерений**

Элементы резьбы		Наружный диаметр	Средний диаметр	Шаг
Номинальный размер, мм				
Предельные отклонения, мм	Верхнее			
	Нижнее			
Предельные размеры, мм	Наибольший			
	Наименьший			
Действительный размер, мм				
Заключение о годности				

**4. Контрольные вопросы**

1. Какие элементы резьб подвергаются проверке при определении ее годности?

2. Какова основная погрешность резьб? Какие погрешности нормированы по ГОСТ, как учитываются остальные?

3. Как расположены поля допусков резьб болта и гайки?

4. Какие существуют методы контроля резьб?

5. Как производится настройка резьбового микрометра? Каковы пределы измерений?

6. Как измерить средний диаметр резьбы методом «трех проволочек»?

7. Как измеряется шаг, половина угла профиля резьб?

8. Какая резьба считается годной?

## Литература

1. ГОСТ 16093–70. Резьба метрическая для диаметров от 1 до 600 мм. Допуски.
2. Справочник по производственному контролю в машиностроении / под. ред. А. К. Кутая. – Л. : Машиностроение, 1974.
3. Якушев, А. П. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. П. Якушев. – М. : Машиностроение, 1974. – С. 307–308.

## Содержание

<i>Лабораторная работа № 1</i>	
Применение простейших измерительных средств .....	3
<i>Лабораторная работа № 2</i>	
Контроль калибр-скоб с помощью плоскопараллельных концевых мер длины .....	17
<i>Лабораторная работа № 3</i>	
Измерение отклонений формы и расположения поверхностей цилиндрических деталей .....	29
<i>Лабораторная работа № 4</i>	
Измерение наружных резьб по элементам .....	39
Литература .....	45

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Кирпиченко Юрий Ефремович**  
**Прядко Наталья Владимировна**

## **НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

**Лабораторный практикум  
по одноименному курсу для студентов  
машиностроительных специальностей  
дневной формы обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

Редактор  
Компьютерная верстка

*Т. Н. Мисюрова*  
*Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 26.06.13.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 3,2.

Изд. № 89.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Издательский центр Учреждения образования  
«Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48