

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

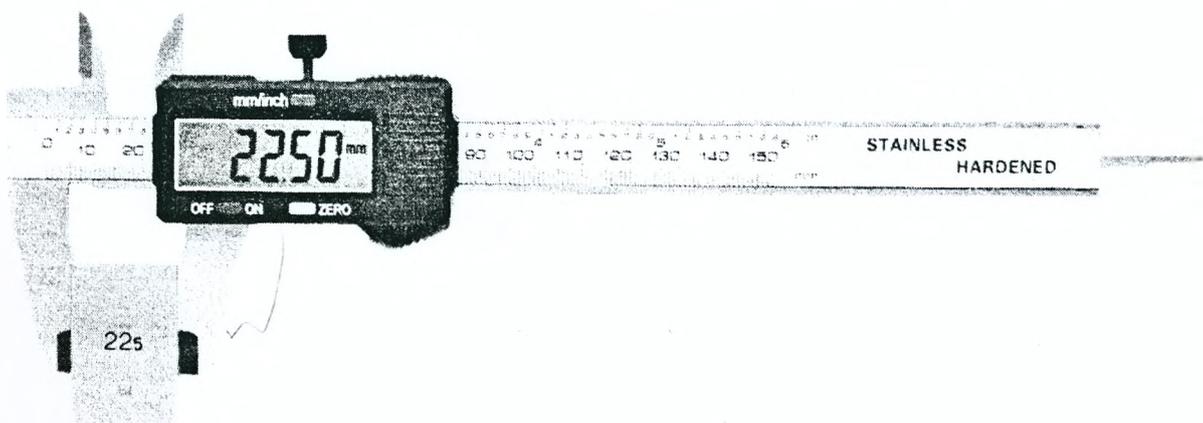
Кафедра машиноведения

# Нормирование точности и технические измерения

Методическое пособие к лабораторным работам для студентов  
машиностроительных специальностей

## ЧАСТЬ I

Методы и средства линейно-угловых измерений



Брест 2006

УДК 621.01(07)

Методическое пособие представляет первую часть цикла лабораторных работ по дисциплине «Нормирование точности и технические измерения». Содержат инструкции по выполнению работ, краткое описание измерительных средств и приемы линейно-угловых измерений. Предназначены для студентов механических специальностей 1-36 01 01, 1-36 01 03, 1-37 01 06 всех форм обучения.

Одобрены на заседании кафедры и рекомендованы к изданию.

Составители: Григорьев В.Ф., доцент, к.т.н.  
Хоронжевский Ю.А., старший преподаватель

Рецензент: З.В. Кучур, руководитель лаборатории геометрических измерений  
СП ОАО «Брестгазоаппарат».

## ВВЕДЕНИЕ

В машиностроении основную долю измерений (от 60 до 95%) составляют линейно-угловые измерения. Цель настоящего пособия – познакомить студентов с наиболее распространенными измерительными приборами и приемами работы на них, а также помочь будущим инженерам-механикам оценить величины отклонений, допусков и других многообразных требований к деталям механизмов и машин.

Все работы расположены в порядке их сложности и построены по одинаковой схеме. Вначале описывается принцип действия, конструкция прибора и схема измерения. Затем излагаются приемы и порядок выполнения работы. В последней части работы строятся поля допусков, наносятся действительные размеры и дается заключение о годности проверяемого изделия. В приложениях даны необходимые для построения полей допусков табличные данные соответствующих стандартов.

В конце работ приводятся формы отчетов, занимающие обычно 1-2 тетрадных страницы. Формы отчетов размещены также в университетской локальной сети по адресу U:\meh\НТТИ\формы. При оформлении отчетов по каждой работе рекомендуется начинать с новой страницы, а на схемы измерения и на поля допусков отводить возможно больше места.

Для успешного выполнения и защиты лабораторных работ рекомендуется предварительная самостоятельная подготовка к ним по данному пособию и, при необходимости, учебнику.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

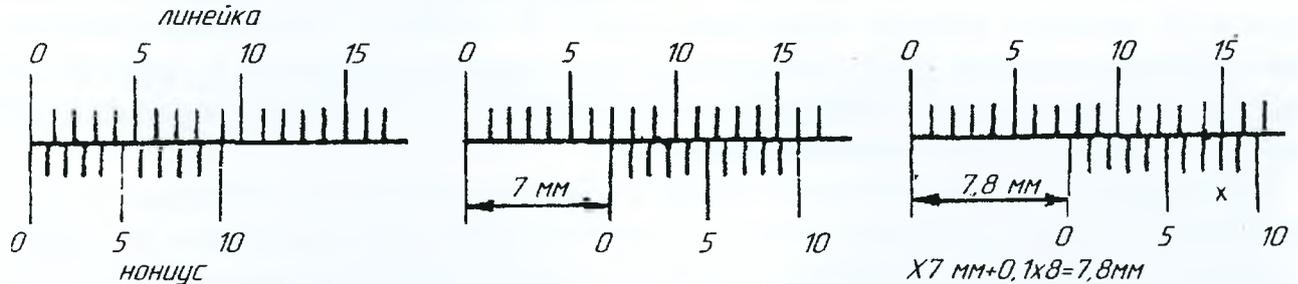
### Измерение наружных и внутренних размеров детали штангенциркулем

Цель работы: изучить конструкцию и метрологические характеристики штангенциркулей, приобрести навыки работы с ними.

Приборы и принадлежности: штангенциркули, объекты измерений.

Штангенциркули - группа средств измерений, отличительной особенностью которых является то, что координата одной или нескольких перемещающихся рамок отсчитывается на штриховой шкале с указателем или нониусом.

Принцип действия линейного нониуса состоит в совмещении соответствующих штрихов двух линейных шкал (подвижной и неподвижной) с различительной длиной делений (рисунок 1)



**Рисунок 1 - Линейный нониусы: чтение показаний**

Цена деления нониуса  $C$  (отчет по нониусу) равна цене деления основной шкалы  $A$ , разделенной на число делений нониуса  $n$ :  $c = a/n$ .

При проектировании нониусов длину деления нониуса принимают кратной длине деления основной шкалы:

$$b = \gamma \cdot a - c = \frac{\gamma \cdot n - 1}{n} \cdot a$$

где  $\gamma$  - модуль нониуса, характеризующий растянутость нониуса относительно шкалы.

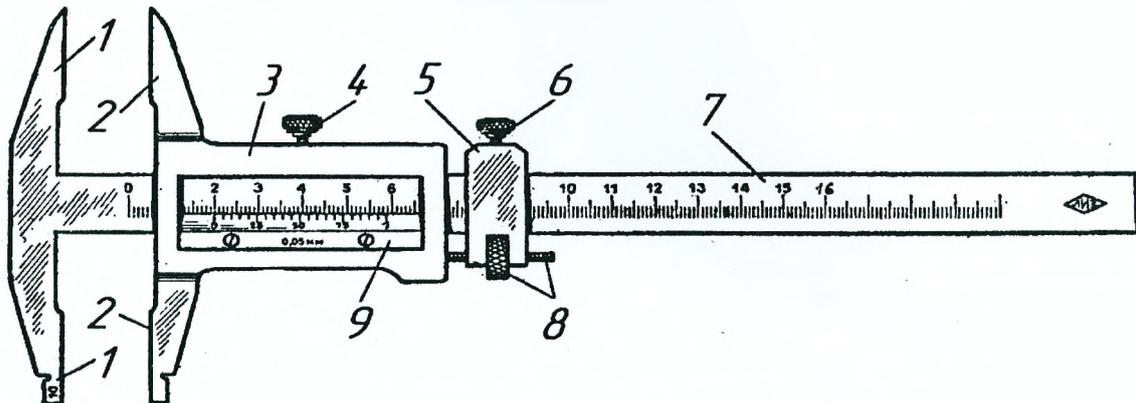
Длина нониуса  $l = n \cdot b$

Указателем для отсчета по нониусу служит штрих шкалы, число долей миллиметра при отсчете по нониусу определяется по совпадению одного из штрихов нониуса со штрихом основной шкалы и равно номеру этого штриха, умноженному на цену деления нониуса.

Наиболее распространенными универсальными средствами измерений такого типа являются штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмасы и угломеры. Область применения тех или иных средств определяет форму измерительных поверхностей и их относительное расположение.

Штангенциркули применяют при станочных, слесарных, инструментальных работах при техническом контроле для измерения наружных и внутренних размеров деталей и разметки. Конструктивно штангенциркули различают по длине, форме губок и подвижной рамки, точности.

Штангенциркуль (рисунок 2) состоит из штанги 7 с губками 1 и 1. По штанге перемещается рамка 3 с губками 2 и 2. На основной линейной штанге нанесены миллиметровые деления, а на подвижной рамке находится вспомогательная шкала 9 — нониус.



**Рисунок 2 - Устройство штангенциркуля**

1 – неподвижные измерительные губки, 2 – подвижные измерительные губки, 3 – рамка, 4 – зажим рамки, 5 – рамка микрометрической подачи, 6 – зажим рамки микрометрической подачи, 7 – штанга, 8 – гайка и винт микрометрической подачи рамки, 9 – нониус.

Измеряемый размер определяется по расстоянию между измерительными губками, которые имеют плоские измерительные поверхности небольшой ширины. Остальные элементы конструкции имеют вспомогательный характер, с их помощью облегчается использование штангенциркуля или расширяется область его применения. Для точной установки подвижной рамки 3 в ряде конструкций есть устройство для ее микрометрической подачи. Оно состоит из вспомогательной рамки 5 и винта 8 с гайкой микрометрической подачи. Подачу рамки осуществляют плавно, без больших усилий. Винт 6 служит для зажима вспомогательной рамки при установке на штангенциркуле размера для разметки.

Штангенциркули выпускаются четырех типов: ШЦ-1, ШЦТ-1 (ШЦТ-1 - без верхних губок и с нижними губками, оснащенными твердым сплавом), ШЦ-II и ШЦ-III (ШЦ-II без верхних губок) (рисунок 3)

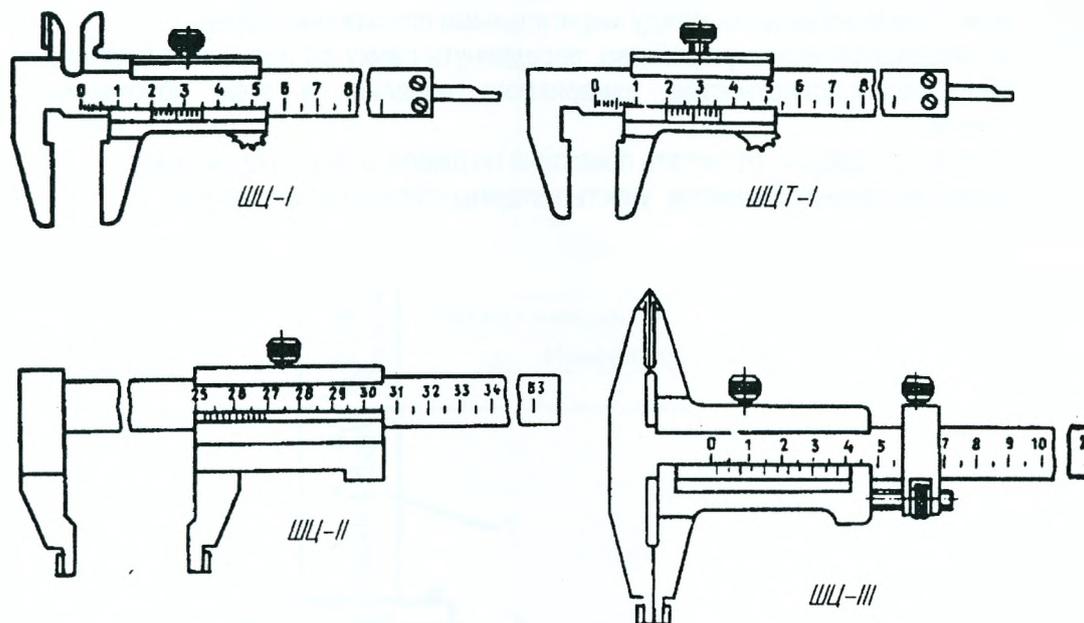


Рисунок 3 - Типы штангенциркулей

Штангенглубиномеры предназначены для измерения глубины и высоты изделий, расстояний до буртиков и уступов. В отличие от штангенциркуля в конструкции штангенглубиномера вместо подвижной губки на рамке 3, имеющий нониус 8, сделана траверса 1, являющаяся базой (основанием) для изменения глубины. (рисунок 4)

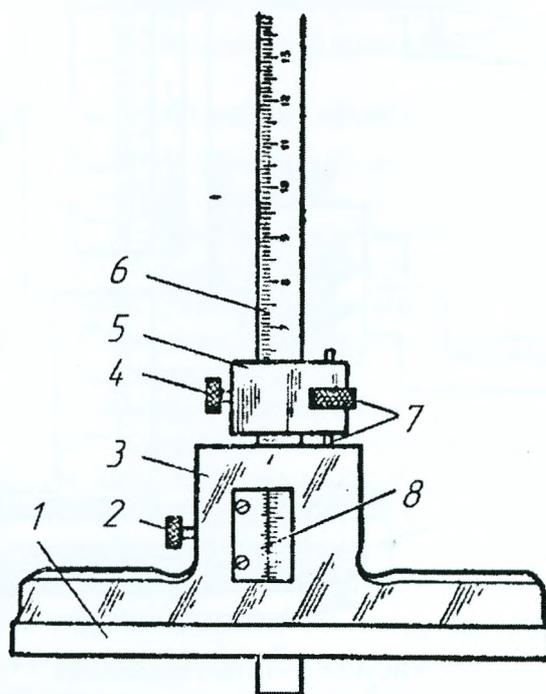


Рисунок 4 – Штангенглубиномер

1 – основание, 2 – зажим рамки, 3 – рамка, 4 – зажим рамки микрометрической подачи, 5 – рамка микрометрической подачи, 6 – штанга, 7 – гайка и винт микрометрической подачи, 8 - нониус

Штангенрейсмасы предназначены для разметки изделий, в отдельных случаях могут использоваться для измерения высот. В конструкции штангенрейсмаса (рисунок 5) вместо неподвижной губки штангенциркуля имеется основание 1, с помощью которого штангенрейсмас устанавливается на плите, а разметочной ножкой - к детали.

#### Порядок выполнения работы

1. Пользуясь формулами, определить величину отсчета по нониусу штангенинструментов.
  2. Измерить детали штангенинструментами. Для измерения детали штангенциркулем необходимо:
    - открепить рамку и хомутик, передвинуть их вдоль штанги и расположить рамку так, чтобы измеряемую деталь можно было установить между мерительными плоскостями губок;
    - применяя микрометрическое устройство, передвинуть рамку до получения плотного прилегания поверхностей обеих губок к поверхностям измеряемого изделия; в этом положении закрепить стопорный винт рамки;
    - сняв инструмент с изделия, отсчитать показания по шкале штанги и по нониусу.
- При измерении внутренних размеров учесть толщины губок штангенциркуля.

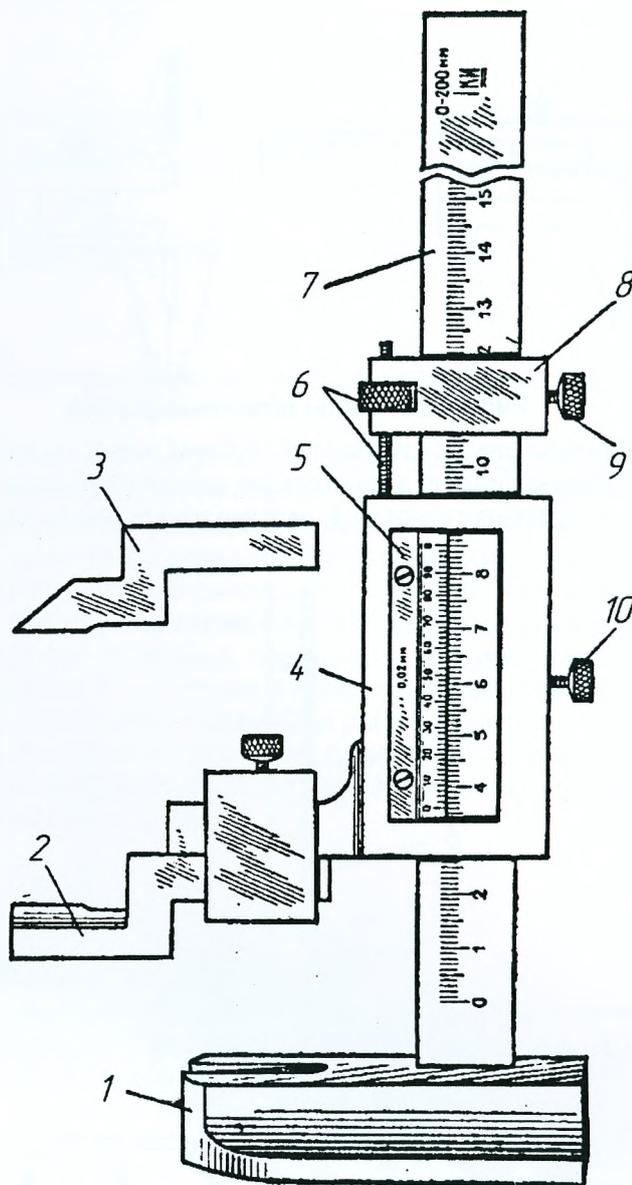


Рисунок 5 - Штангенрейсмас

- 1 – основание, 2 – измерительная ножка, 3 – разметочная ножка, 4 – рамка, 5 – нониус, 6 – винт и гайка микрометрической подачи, 7 – штанга, 8 – рамка микрометрической подачи, 9 – зажим рамки микрометрической подачи, 10 – зажим рамки

### Форма отчета

Работа 1	Измерение деталей штангенинструментами		
Название инструмента	Величина отсчета по нониусу $b = \frac{a}{n}$	Модуль нониуса $\gamma = \frac{L+a}{na}$	Пределы измерения
	мм		
1 Штангенциркуль ШЦ-I			
2 Штангенциркуль ШЦ-II			
3 Штангенглубиномер			
4 Штангенрейсмас			

Продолжение

Результаты измерений										
Название инструмента	Измеренный размер, мм									
1 Штангенциркуль ШЦ-I										
2 Штангенциркуль ШЦ-II										
3 Штангенглубиномер										
4 Штангенрейсмас										

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Измерение углов угломерами

Цель работы: изучить конструкцию и метрологические показатели универсального угломера, приобрести навыки работы с ним.

Приборы и принадлежности: универсальный угломер, объекты измерений.

Универсальный угломер состоит из сектора 4 (рисунок 6), на котором нанесена градусная шкала, к сектору прикреплена планка 10 с измерительной плоскостью. По сектору перемещается пластинка 9 с нониусом 8 и прижимом 7. К пластинке 9 с помощью хомутика 6 можно крепить либо угольник 2, либо линейку 1. Последнюю можно крепить также к угольнику 2 с помощью хомутика 3. Для плавного поворота планки 9 рекомендуется пользоваться головкой зубчатой передачи. Головка расположена с обратной стороны нониуса. Путем различных комбинаций отдельных измерительных звеньев угломера можно осуществлять различные схемы измерения углов в интервале от 0° до 320°, хотя основная шкала угломера нанесена на дуге 130°. Углы от 0° до 50° измеряются, когда к пластинке 9 крепятся одновременно угольник 2 и линейка 1 (рисунок 7,а), углы от 50° до 140° - когда в хомутик 6 укрепляется не угольник, а линейка (рисунок 2,б); углы от 140° до 230° измеряются, когда с угольника, укрепленного в хомутике 6, снимается хомутик 3 и линейка 1 (рисунок 7,в). Углы от 230° до 320° (наружные) и соответственно от 40° до 130° (внутренние) измеряются одним угломером при снятых хомутиках, угольнике и линейке (рисунок 7,г). Механические угломеры снабжены нониусом, величина отсчета которых определяется по той же формуле, что и у нониуса штангенциркуля:  $c = a/n$ , где  $c$  - величина отсчета по нониусу;  $a$  - длина деления основной шкалы сектора;  $n$  - число делений шкалы нониуса. Величина отсчета по нониусу угломеров составляет 2' или 5', а погрешность показаний равна +/- 2' или 5' соответственно.

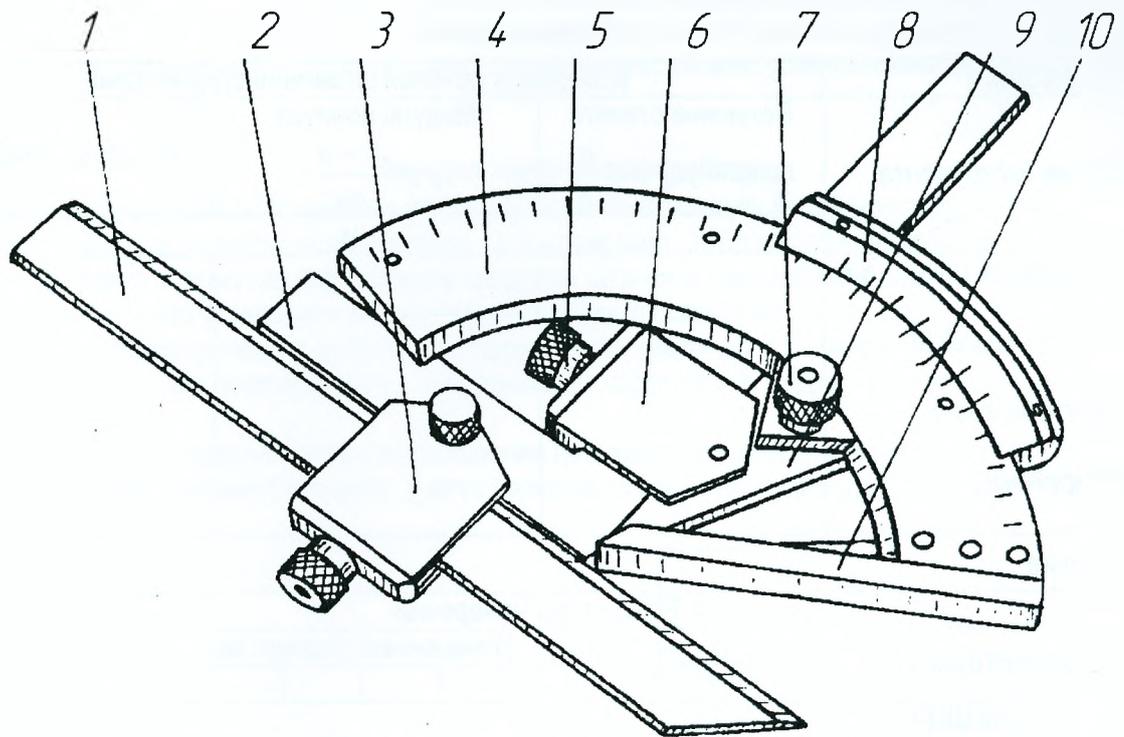


Рисунок 6- Универсальный угломер

Существуют другие конструкции угломеров (рисунок 8) и приемы измерения ими (рисунок 9).

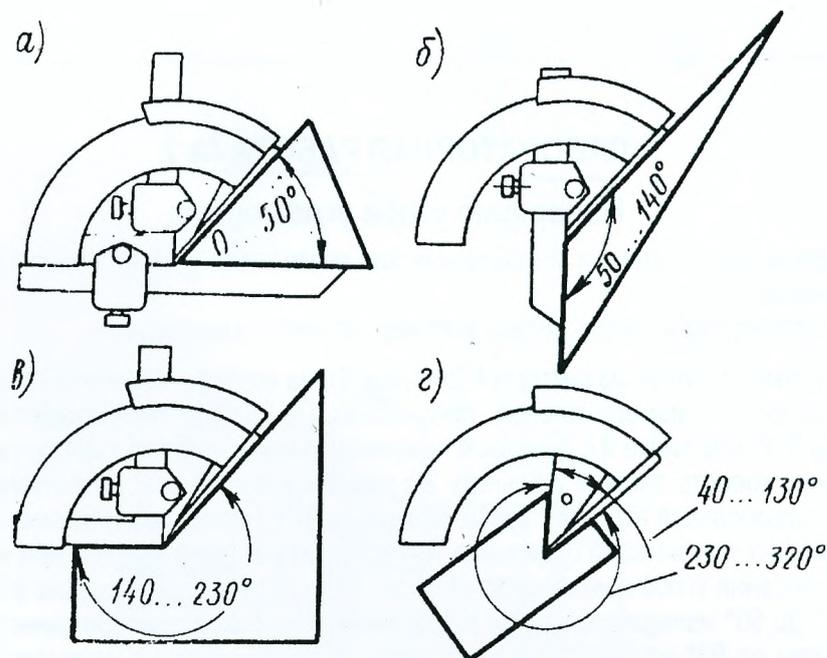
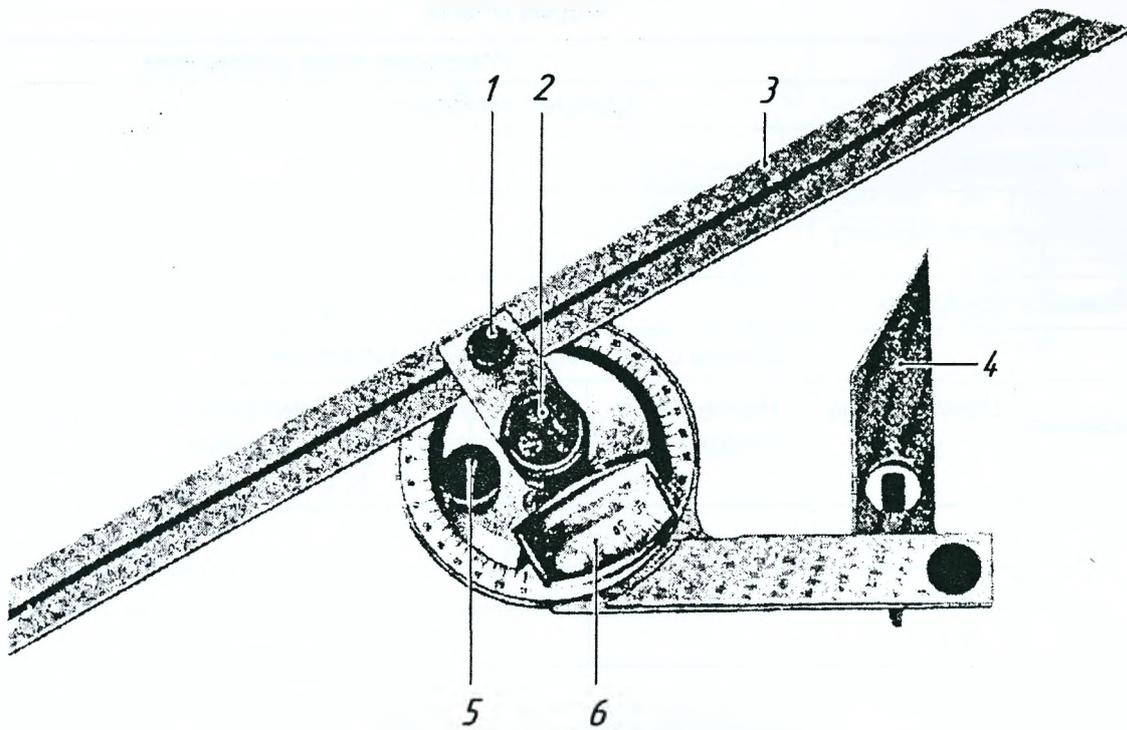


Рисунок 7 - Настройка универсального угломера

#### Порядок выполнения работы

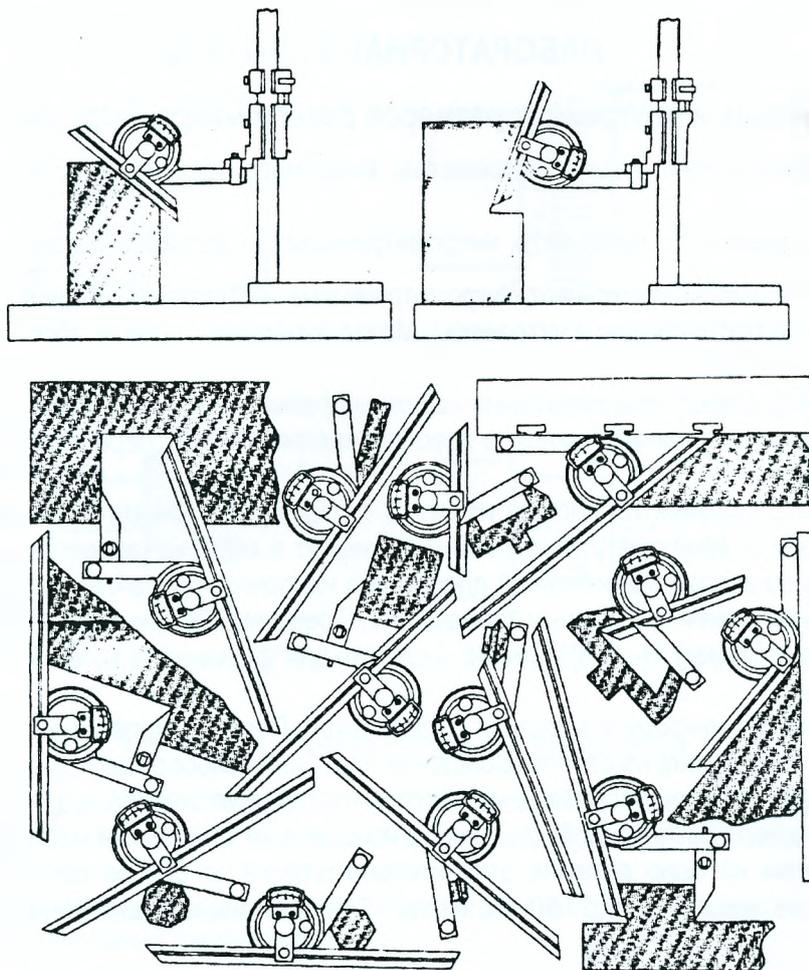
При измерении наружных и внутренних углов универсальным угломером сначала определяют на глаз значение измеряемых углов и собирают угломер по необходимой схеме. Затем несколько отпускают стопорный винт 7 (рисунок 6) и, пользуясь головкой зубчатой передачи, добиваются плотного прилегания измерительных плоскостей к детали, закрепляют винт 7 и производят отсчет.

Дать заключение о годности деталей, если они выполнены с допуском  $\pm AT9/2$ .



**Рисунок 8 - Универсальный угломер фирмы «Mitutoyo»**

1- фиксатор линейки; 2- фиксатор; 3- линейка; 4- приспособление для измерения острых углов;  
5- рукоятка точной настройки; 6- увеличительное стекло;



**Рисунок 9 - Способы измерения углов**

### Форма отчета

Работа 2		Измерение углов угломерами			
Данные о приборах					
Наименование					
Величина отсчета по нониусу					
Пределы измерения					
Данные о деталях и результаты измерения					
Наименование	Номинальные углы	Наименьшая сторона угла	Предельное отклонение	Действительное значение	Действительное отклонение
	$\alpha =$				
	$\beta =$				
	$\gamma =$				
	$\varphi =$				
Схемы полей допусков и заключение о годности					

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Измерение наружных и внутренних размеров детали микрометрическим инструментом

Цель работы: изучить конструкцию микрометра, микрометрического нутромера, приобрести навыки работы с ними.

Приборы и принадлежности: микрометр, микрометрический нутромер, объекты измерений.

В машиностроении широко применяют микрометрические инструменты общего назначения: микрометры, микрометрические глубиномеры и нутромеры. Метод измерения прямой, абсолютный.

Измерение микрометром.

Гладкий микрометр служит для измерения наружных размеров гладких изделий и, как все микрометрические инструменты, основан на принципе преобразования угловых перемещений в линейные при помощи винтовой пары.

Гладкий микрометр (рисунок 10) состоит из скобы 1 с запрессованными в нее пяткой 2 с мерительной плоскостью и стеблем 3. Микрометрический винт 5 ввернут в микрометрическую гайку стебля, а его цилиндрическая часть со второй мерительной плоскостью направляется точным отверстием в левой части стебля. Барабан 6 крепится к микровинту колпачком 7. Трещетка 8 служит для обеспечения постоянного усилия (5 - 9 Н с колебанием +/- 1 Н). Стопор 4 служит для фиксации в нужном положении микровинта относительно скобы.

Отсчетное устройство микрометра состоит из двух шкал. Первая шкала с ценой деления 0,5 мм, равной шагу микровинта, нанесена на стебле. Вращение барабана сопровождается его перемещением вдоль стебля. Таким образом, по торцу барабана можно отсчитывать миллиметры и 0,5 миллиметра.

Вторая круговая шкала состоит из 50 делений и нанесена на конической части барабана. Поворот барабана с микровинтом на одно деление относительно штриха на стебле соответствует перемещению торца микровинта на величину  $0.5/50 = 0.01$  мм. Следовательно, цена деления микрометра равна 0,01мм.

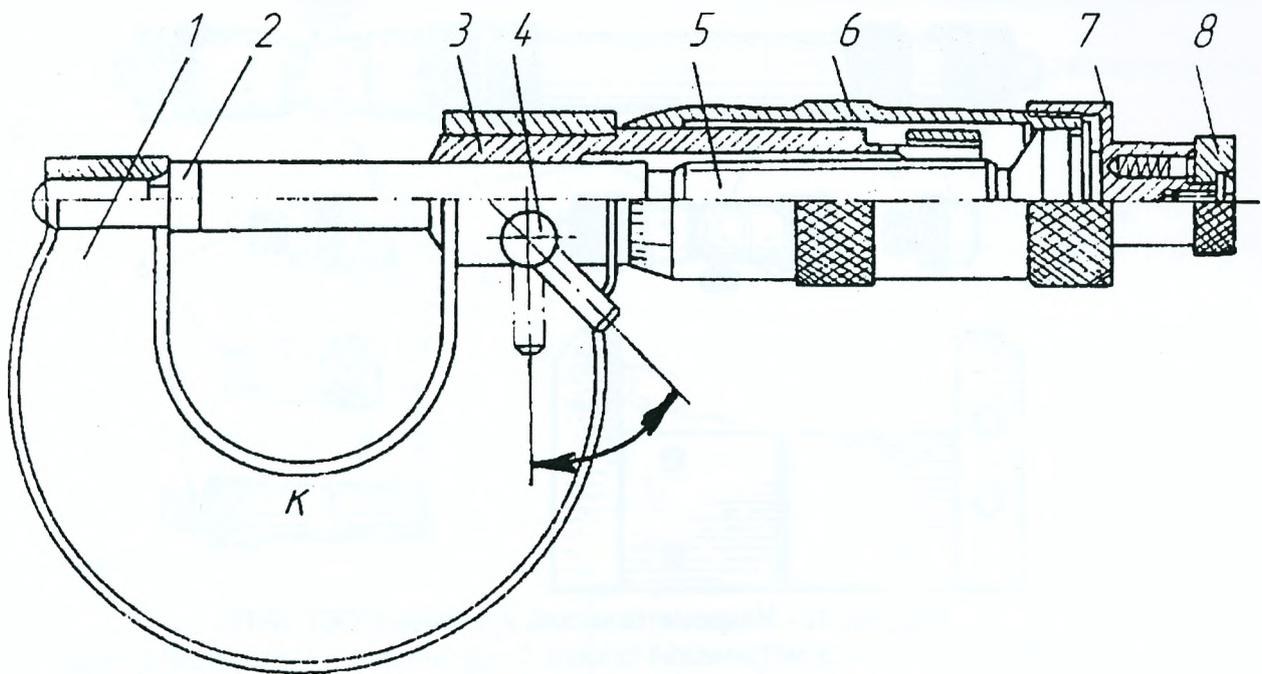


Рисунок 10 - Гладкий микрометр

Пределы измерения микрометра зависят от размеров скобы и измерительного перемещения микро-винта. Гладкие микрометры для измерения размеров до 300 мм выпускают с пределами измерения 0 — 25, ..., 275 - 300 мм, т.е. через 25 мм, а для размеров свыше 300 мм - через 100 мм. Порядок определения размера микрометром показан на рисунке 11.

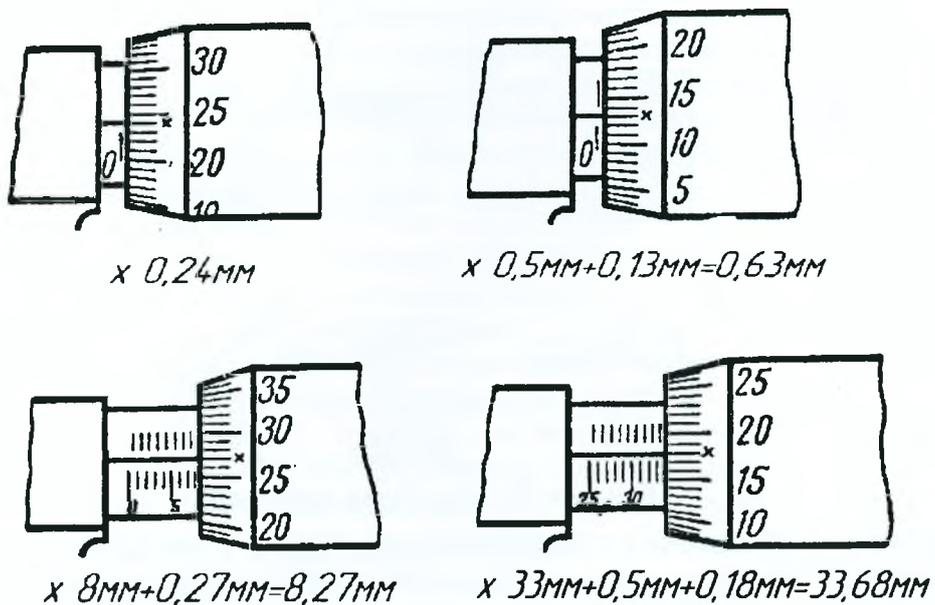
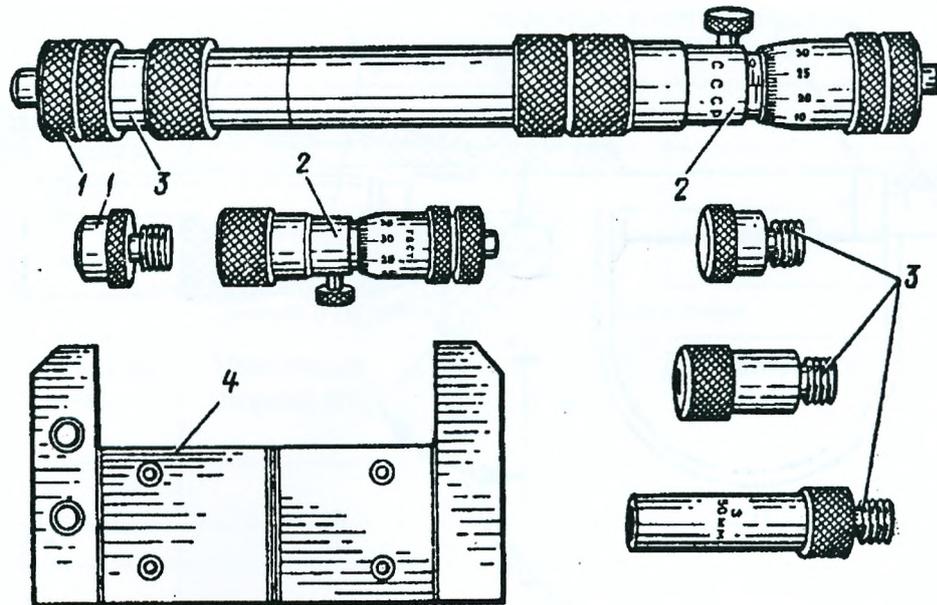


Рисунок 11- Чтение показаний микрометра

Целое число миллиметров и половину миллиметра отсчитывают краем скоса барабана по шкале стебля. Сотые доли миллиметра определяют по порядковому номеру штриха барабана, совпадающего с продольным штрихом стебля.

Скос на барабане для шкалы сотых долей миллиметров приближает ее к шкале стебля, предохраняет от искажений при чтении показаний (параллакса).

### Измерение микрометрическим нутромером

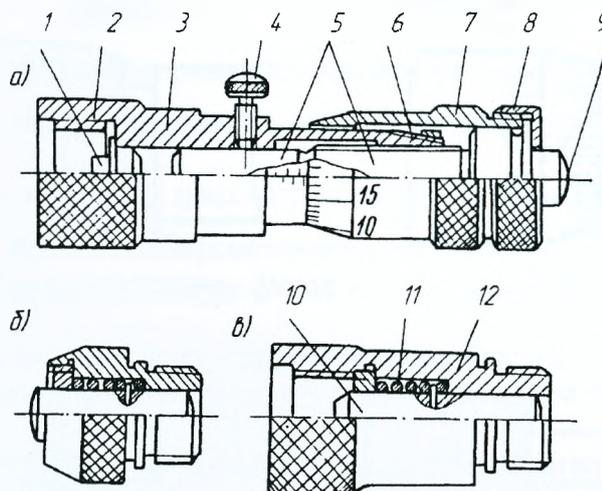


**Рисунок 12 - Микрометрический нутромер (ГОСТ 10-75)**

1 – наконечник, 2– микрометрическая головка, 3– удлинители, 4 - установочная мера.

Микрометрические нутромеры (рисунок 12) изготавливаются с пределами измерений 50 - 75, 75 - 175, 150 - 1250, 800 - 2500, 1250 - 4000, 2500 - 6000, 4000 - 10000 мм.

Прибор состоит из микрометрической головки, наконечника и сменных удлинителей. К микрометрическому винту 5 (рисунок 4), имеющему одну мерительную сферическую поверхность 9, при помощи колпачка 8 присоединяется барабан 7, на скошенной части которого нанесено 50 делений (цена деления барабана 0,01 мм).



**Рисунок 13- Устройство нутромера**

Микрометрический винт ввинчивается в микрометрическую гайку 6 и центрируется по калиброванному отверстию в стебле 3. В нужном положении микровинт может быть закреплен стопорным винтом 4. По наружной цилиндрической поверхности 2 нанесены деления, равные шагу микровинта (на рисунке 13 показание прибора равно 2,68 мм). В левой части стебля запрессована пятка 1 со второй мерительной поверхностью, а также нарезана внутренняя резьба 2. В эту резьбу ввинчивается или наконечник (13, б), без которого вообще нельзя производить измерения, или удлинители (рисунок 13, в), предназначенный для увеличения пределов измерения нутромера.

Удлинитель состоит из стержня 10 определенной длины (13, 25 и 50 мм), заключенного в трубку 12, и пружины 11, необходимой для обеспечения постоянного давления при свинчивании удлинителя с микрометрической головкой. Внутренняя резьба трубки служит для присоединения наконечника, а наружная резьба - для ввинчивания микрометрической головки. Комбинация удлинителей в сочетании с микрометрической головкой и наконечником дает возможность менять пределы измерения от 75 до 175 мм.

Погрешность нутромера несколько выше, чем погрешность микрометра, так как первый не имеет устройства, обеспечивающего постоянство мерительного усилия. Допустимая погрешность показания нутромера  $\pm 0,008$  мм.

Перед началом работы нутромером проверяется нулевое положение с помощью установочной меры (рисунок 14).

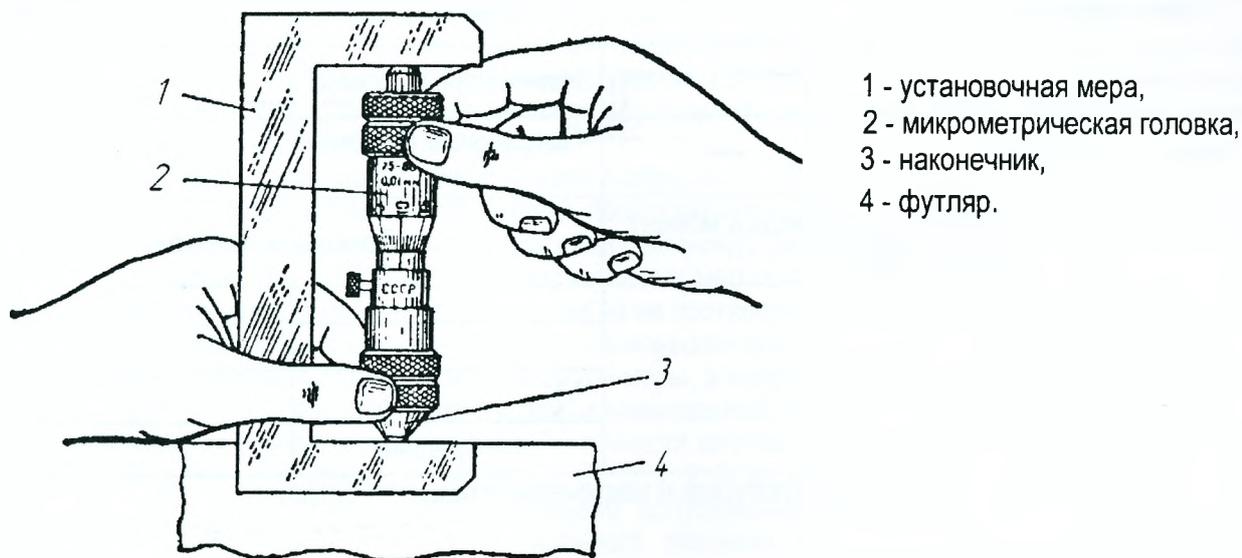


Рисунок 14 - Проверка нулевого положения микрометрического нутромера

#### Порядок выполнения работы

После знакомства с устройством измерительных инструментов необходимо заполнить форму отчета, приведенную в конце методических указаний.

Перед измерением микрометром и микрометрическим нутромером необходимо проверить правильность их установки на нуль. Для этого (перед измерением микрометром) вращением барабана за трещотку (при отпущенном стопоре) добиться контакта мерительных плоскостей. При проверке микрометров с пределами измерения 25 - 50 мм и более между мерительными плоскостями должны устанавливаться концевые или другие специальные меры. После трехкратного прощелкивания закрепить микровинт стопором и проверить совпадение нулевого штриха круговой шкалы барабана с продольным штрихом на стебле и в случае несовпадения установить на нуль в следующем порядке:

- отсоединить барабан от микровинта, для этого, держа барабан за накатанную часть, слегка повернуть колпачок 7 (рисунок 10); повернуть отсоединенный барабан до совпадения штриха круговой шкалы с продольным штрихом на стебле; удерживая микрометр за барабан, затянуть колпачок до отказа;

- отпустить стопор, повернуть барабан против часовой стрелки на 3 оборота и вновь проверить правильность установки на нуль. В случае необходимости повторить установку.

Для проверки установки микрометрического нутромера на нуль необходимо повернуть удлинитель, отпустить стопорный винт 4 (рисунок 13). Нутромер ввести между поверхностями установочной меры (скобы) и вращая микровинт, добиваться контакта с мерительными плоскостями (рисунок 14). Слегка покачивая прибор, отыскать кратчайшее расстояние. Закрепить стопорный винт. Если нулевое деление барабана не совпадает с продольным штрихом, то отпустив колпачок 8, освободить барабан 7 (при отвертывании колпачка микрометрическую головку следует держать только за барабан), а затем повернуть барабан до совпадения деления с продольным штрихом и закрепить. Проверить правильность установки.

Порядок измерения нутромером:

- измерить диаметр отверстия масштабной линейкой и повернуть к микрометрической головке необходимые удлинители;

- ввести нутромер в проверяемое отверстие и произвести трехкратное измерение; при измерении, покачивая нутромер, установить его по диаметру (максимальное показание);

- дать заключение о годности, если отверстие выполнено с допуском, указанным преподавателем.

Заполнить форму отчета.

### Форма отчета

Работа 3	Измерение размеров микрометрическим инструментом		
Данные о приборе		Данные о детали	
Наименование		Наименование	
Цена деления		Номинальный размер	
Пределы измерения		Предельные отклонения	
Схема отсчетного устройства нутромера в момент снятия отсчета		Показания прибора	
		1	
		2	
		3	
		Среднее	
Схема полей допусков и заключение о годности детали			

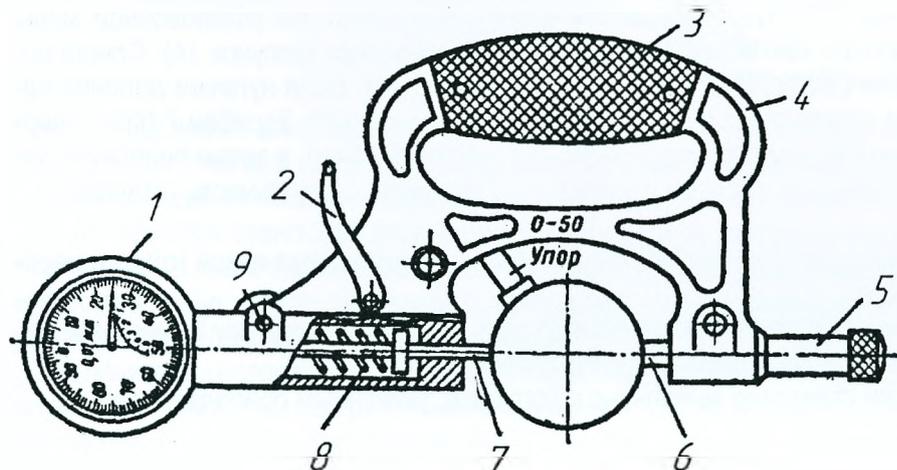
## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### Измерение размеров гладких наружных цилиндрических поверхностей относительным методом. Плоскопараллельные концевые меры длины

Цель работы: изучить устройство индикаторной скобы, научиться производить измерения при помощи данного инструмента; научиться применять плоскопараллельные концевые меры длины.

Принадлежности: индикаторная скоба, набор плоскопараллельных концевых мер длины, измеряемые детали.

Индикаторная скоба предназначена для измерения наружных размеров цилиндрических деталей относительным методом.



- 1 — индикатор,
- 2 — отводка (арретир),
- 3 — теплоизоляционные накладки,
- 4 — корпус,
- 5 — колпачок,
- 6 — переставная пятка,
- 7 — подвижная пятка,
- 8 — пружина,
- 9 — винт.

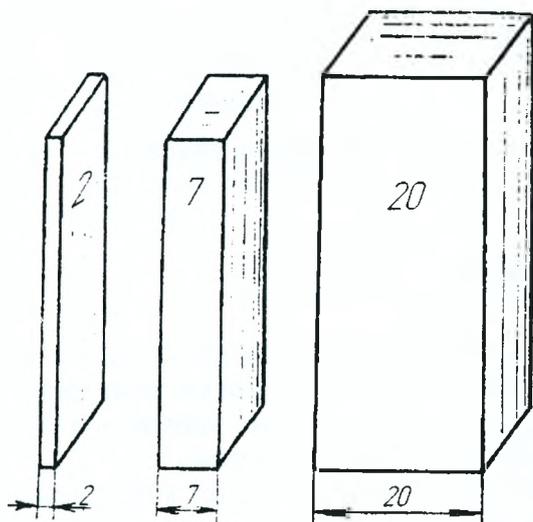
Рисунок 15 - Индикаторная скоба (ГОСТ 11098-75)

Состоит из корпуса 4 (рисунок 15), в котором могут перемещаться две измерительные пятки - подвижная 7 и неподвижная (переставная) 6. Первая передает перемещение на измерительный стержень индикатора типа 1, который устанавливается в корпус с помощью фиксатора. Неподвижная пятка фиксируется при настройке скобы на размер в требуемом положении винтом (величина ее перемещения в установочном отверстии корпуса примерно 50 мм). Измерительная пятка может переводиться в крайнее положение, соответствующее наибольшему размеру для данной настройки, специальным рычагом арретиром 2).

Этим рычагом пользуются во время измерений, когда надвигают скобу на деталь. Для удобства проведения измерений, индикаторная скоба снабжена упором, который расположен под углом к оси измерительных пяток. Этот упор устанавливается таким образом, что при касании его с деталью, измерение производится по диаметру детали, а не по хорде.

Индикаторные скобы выпускаются с пределами измерений 0...50, 50...100, 100...200 и т.д.

Концевые плоскопараллельные меры длины представляют собой стальные прямоугольные бруски (рисунок 16), размер которых определяется расстоянием между двумя рабочими плоскостями при температуре 20 С. Согласно ГОСТ 9038-83, за длину концевых мер принимается длина перпендикуляра, опущенного от одной из измерительных поверхностей на ее противоположную измерительную поверхность – срединная длина. Разность между наибольшей и наименьшей длинами концевой меры определяет величину отклонения от плоскопараллельности концевой меры, а наибольшая по абсолютному значению разность между длиной меры в одной точке (любой) и номинальной длиной принимается за величину отклонения длины меры от номинального размера. По точности изготовления концевые меры длины, согласно ГОСТу 9038-83, делятся на классы точности: 00; 01; 0; 1; 2; 3. Класс 00 самый точный. В стандарте приведены допускаемые отклонения концевых мер от номинального значения и от плоскопараллельности поверхностей для каждого класса в зависимости от номинального значения длины концевой меры.



Характерной особенностью плоскопараллельных концевых мер длины является притираемость их друг к другу измерительными поверхностями. Под притираемостью понимается способность меры прочно сцепляться рабочими поверхностями при продвижении одной меры на другую. Усилие сдвига одной меры относительно другой в условиях эксплуатации должно составлять не менее 30Н. Притираемость мер дает возможность из одного набора мер составлять комбинации размеров.

В зависимости от погрешности аттестации мер установлены разряды мер. Для каждого из пяти разрядов обусловлены определенные методы и средства измерения.

Согласно ГОСТ 9038-83, выпускается 21 набор концевых мер (от 4 до 112 мер в наборе). Наиболее широко применяется набор №1, состоящий из 83 мер (см. таблицу 1).

Рисунок 16 – Концевые меры длины

Таблица 1

Размеры, мм		Градация, мм	Количество мер в наборе
ОТ	ДО		
1,01	1,49	0,01	49
1,5	1,9	0,1	4
0,5	9,5	0,5	19
0,5	9,5	0,5	19
10	100	10	10
1,005	—	—	1

С целью сохранения рабочих поверхностей концевых мер выпускают защитные меры, в отличие от основных мер имеют с одного края закругленные ребра или срез.

Для наиболее широкого использования концевых мер к ним выпускаются наборы принадлежностей. В эти наборы входят различные бочковички: плоскопараллельные, радиусные (рисунок 17), центровые и чертильные, а также державки (струбцины) для укрепления блоков концевых мер с боковичками (рисунок 18). Из плиток и радиусных боковичков с помощью струбцин можно собрать однопредельные скобы и неполные для пробки для непосредственных измерений наружных и внутренних размеров деталей. Приступая к работе

с концевыми мерами длины, следует предварительно рассчитать, какие меры нужно взять для данного блока. Количество мер в блоке должно быть минимальным, так как погрешность блока складывается из погрешностей отдельных мер. Расчет мер на нужный размер необходимо начать с подбора меньших мер, размер которых содержит последний знак десятичной дроби составляемого размера.

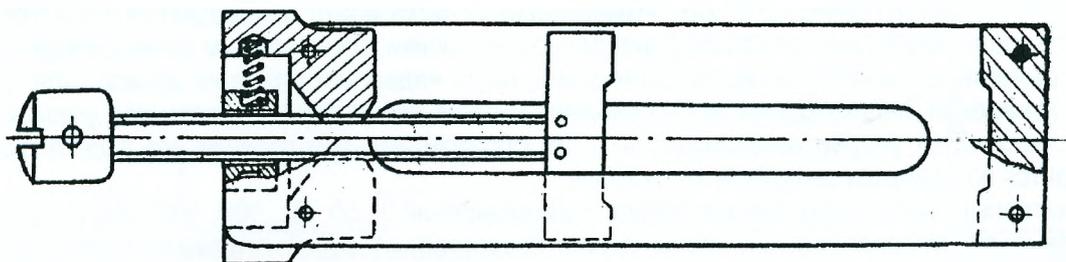


Рисунок 18 – Струбцина

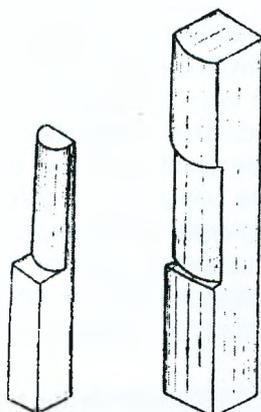


Рисунок 17 - Боковички

Пример: Требуется составить блок мер размером 79,985:

первая мера, входящая в блок	1,005
остаток	78,98
вторая мера	1,48
остаток	77,5
третья мера	7,5
остаток, т.е. четвертая мера	70

Таким образом, в блок войдут меры 1,005; 1,48; 7,5; и 70 мм.

### Порядок выполнения работы

#### Измерение индикаторной скобой

Настроить индикаторную скобу на нуль. Индикаторная скоба настраивается на нуль по блоку концевых мер перемещением переставной пятки. Необходимо только при установке переставной пятки ее после касания обеих пяток с блоком концевых мер по направлению к индикатору на 1,5...2 мм, после чего закреплять винтом. Затем выполняется поворот шкалы индикатора до совмещения нулевого деления со стрелкой.

Выполнить измерение детали в трех различных сечениях. Деталь слегка прижимают к переставной пятке. Покачиванием устраняют перекосяк, т.е. определяют правильное положение измерительных поверхностей относительно проверяемых.

Масса скобы не должна передаваться на подвижную пятку.

Данные измерений занести в форму отчета. Дать заключение о годности детали, если наружный размер должен быть выполнен по h8, d8, js9, d9, h10, d11 и др. (указываются преподавателем). Построить схему расположения полей допусков.

#### Контрольные вопросы:

1. В чем сущность относительного метода измерений?
2. Расскажите устройство индикаторной скобы.
3. Как настраивается индикаторная скоба на нуль?
4. Расскажите о плоскопараллельных концевых мерах длины

#### Форма отчета

Работа 4		Измерение наружного диаметра скобой		
Данные о приборе		Данные о детали		
Наименование		Наименование		
Цена деления, мм		Номинальный размер, мм		
Пределы измерения, мм		Пределные отклонения, мкм	es	
			ei	

Продолжение

Размеры набранного блока А, мм	Показания прибора, Δх, мм		Измеренный диаметр, $d = A + \Delta x$ , мм
	1	2	
	2		
	3		

Схема полей допусков и заключение о годности детали

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

### Измерение диаметра отверстия индикаторным нутромером

Цель работы: изучить устройство и получить навыки измерения индикаторным нутромером.

Приборы и принадлежности: нутромер индикаторный, плоскопараллельные концевые меры длин с набором принадлежностей.

Индикаторный нутромер служит для измерения внутренних размеров цилиндрических изделий.

Индикаторный нутромер представляет собой сочетание индикатора 1 (рисунок 19) с рычажной трубкой 2 и принадлежит к группе сравнительных измерительных приборов. Набором из десяти индикаторных нутромеров можно измерять диаметры от 6 до 1000 мм. Каждый нутромер охватывает определенный диапазон диаметров, в частности: 6-10, 10-18, 18-35, 35-50, 50-100, 100-160 мм и т. п.

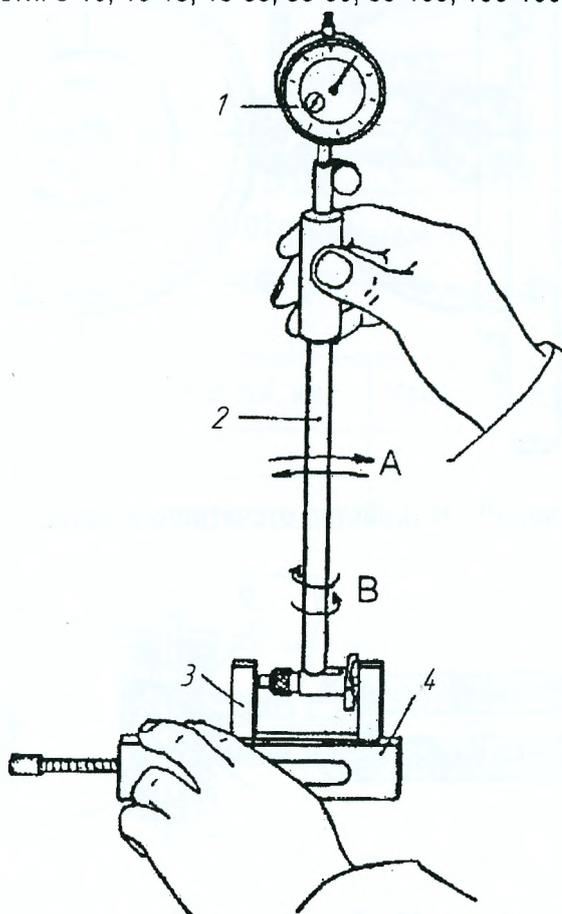


Рисунок 19-Индикаторный нутромер

Предельная погрешность показаний индикаторного нутромера не должна превышать 0,012-0,020 мкм в зависимости от пределов измерения.

В комплект каждого нутромера входит набор измерительных штифтов и шайб, применяемых в соответствии с измеряемым диаметром. Размеры сменных штифтов обычно отличаются друг от друга на 5 мм, сменные шайбы равны 0,5; 1; 2 и 3 мм.

Отсчетным устройством является индикатор часового типа, принципиальная схема которого представлена на рисунке 20. Как следует из приведенной схемы, перемещение измерительного наконечника, имеющего в средней части зубчатую рейку, передается через шестерни  $Z_2$  и  $Z_3$ , которые сидят на одной оси с малой стрелкой 3, шестерне  $Z_1$ , несущей большую стрелку 4. Один оборот большой стрелки соответствует перемещению измерительного наконечника на 1 мм. Шкала у большой стрелки имеет 100 делений, поэтому цена деления этой шкалы будет равна 0,01 мм. Целые миллиметры отсчитываются малой стрелкой. Шестерня  $Z_4$  со спиральной пружиной 5 обеспечивают работу зубчатой передачи прибора по одной стороне профиля зубьев, т. е. устраняется мертвый ход. Винтовая пружина 2 создает измерительное усилие.

Рычажная трубка 4 (рисунок 21) оканчивается тройником 3, в котором находятся два штифта: измерительный 10 и неподвижный 2. Перемещение измерительного штифта через рычаг 9 и стержни 8 и 6 действует на индикатор, закрепленный с другого конца трубки стопорным винтом 7. Пружина 5 обеспечивает постоянство измерительного усилия и надежный контакт стержней. Сменный штифт 2 неподвижно закрепляется в тройнике гайкой 1. Со стороны подвижного штифта 10 имеется центрирующий мостик 11, необходимый для установки нутромера в положение, при котором оси штифтов будут располагаться не по хорде, а по диаметру измеряемого отверстия.

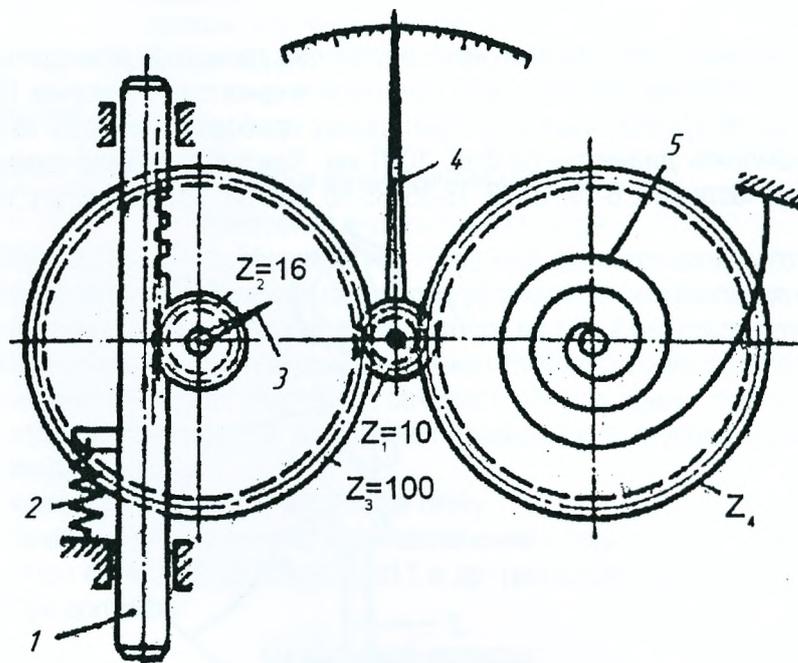


Рисунок 20 - Устройство отсчетного приспособления

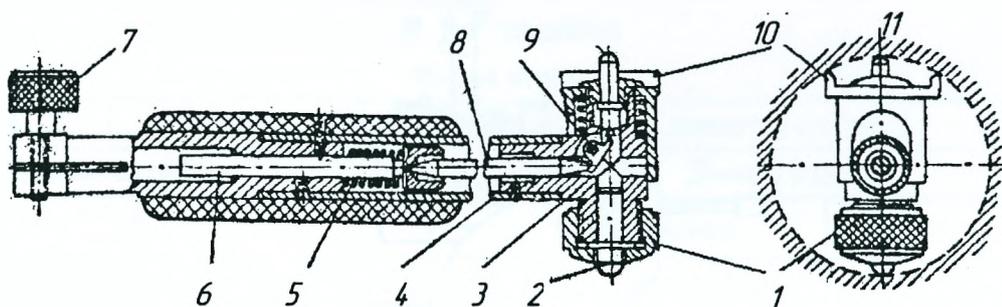


Рисунок 21 - Рычажная трубка и тройник

### Порядок выполнения работы

Измерить штангенциркулем диаметр контролируемого отверстия, если не указан номинальный размер измеряемой детали.

Подобрать сменный штифт и сменные шайбы так, чтобы их суммарный размер (согласно маркировке) отличался от размера, определенного штангенциркулем, не более чем на 0,5-1 мм, и установить их в тройник. Для этого отвинтить гайку 1, вставить в гнездо тройника сменный штифт, с предварительно одетыми на него сменными шайбами и закрепить их гайкой.

Установить в гнездо рычажной трубки индикатор так, чтобы при этом большая стрелка повернулась на 1 оборот. В этом положении закрепить индикатор винтом.

В соответствии с номинальным диаметром отверстия набрать блок плиток, притереть к ним боковички 3 и зажать в струбцину 4 (см. рисунок 19).

Настроить индикаторный нутромер на нуль. Для этого поместить мерительные наконечники индикаторного нутромера между боковичками; покачивая нутромер по стрелке А и поворачивая его по стрелке В, найти положение, при котором будет наименьшее показание индикатора. В этом положении повернуть циферблат индикатора до совмещения нулевого деления со стрелкой.

Измерить диаметр отверстия детали. Для этого наклонить нутромер относительно отверстия в сторону центрирующего мостика, ввести его в этом положении в измеряемое отверстие, а затем расположить ось трубки нутромера параллельно оси отверстия. Покачивая прибор, найти положение, соответствующее наименьшему показанию индикатора. Произвести отсчет. Следует иметь в виду, что отклонение стрелки от нуля "по часовой стрелке" указывает на уменьшение размера. Измерение выполнить три раза в трех различных сечениях.

Дать заключение о годности детали, если отверстие должно быть изготовлено по К6, М7, Н8, Js7 и др. (указывается преподавателем).

Заполнить форму отчета.

### Форма отчета

Работа 5		Измерение диаметра отверстия нутромером		
Данные о приборе		Данные о детали		
Наименование		Наименование		
Цена деления		Номинальный размер		
Пределы измерения		Предельные отклонения	ES	
			EI	

Продолжение

Размеры набранного блока А, мм	Показания прибора, ΔX, мм		Измеренный диаметр, $D = A + \Delta X$ , мм
	1	2	
	2		
	3		
Схема полей допусков и заключение о годности			

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### Измерение радиального, торцевого биений и погрешности формы вала

Цель работы: определить численные значения отклонений формы и расположения поверхностей вала.

Приборы и принадлежности: приспособление для измерения биений, отклонений формы.

Радиальным биением согласно ГОСТ 24642-81 называется разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной поверхности до базовой оси вращений в сечении, перпендикулярном к этой оси. Радиальное биение является результатом смещения центра (эксцентриситета) рассматриваемого сечения относительно оси вращения (эксцентриситет вызывает вдвое большее по величине радиальное биение) и некруглости.

Торцевым биением называется разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной торцевой поверхности, расположенных на окружности заданного диаметра, до плоскости, перпендикулярной к базовой оси вращения. Если диаметр не задан, то торцевое биение определяется на наибольшем диаметре торцевой поверхности.

Торцевое биение является результатом отклонения от перпендикулярности торцевой поверхности к базовой оси и отклонений формы торца по линии измерения.

Таким образом, погрешности взаимного расположения, в том числе и биение, должны задаваться конструктором и контролироваться от баз (база -совокупность поверхностей, линий и точек, по отношению к которым определяется расположение рассматриваемой поверхности).

Очевидно, что контроль биений необходимо проводить относительно тех поверхностей, которыми деталь базируется в механизме.

Базовыми поверхностями у валов могут быть:

одна цилиндрическая поверхность (консольный вал); в этом случае биения всех остальных цилиндрических поверхностей должны определяться при установке детали на призму данной базовой поверхностью;

две цилиндрические поверхности (двухопорный вал); в этом случае биения всех остальных поверхностей должны задаваться и контролироваться относительно так называемой оси, проходящей через середины осей двух базовых поверхностей. В этом случае при контроле биений вал должен устанавливаться на две узкие призмы серединами базовых шеек.

Однако на практике конструкторы и контроллеры довольно часто отходят от этих принципиально правильных схем, а задают и контролируют биения относительно центровых отверстий детали.

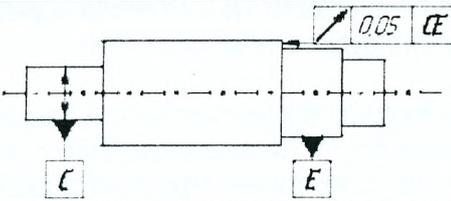
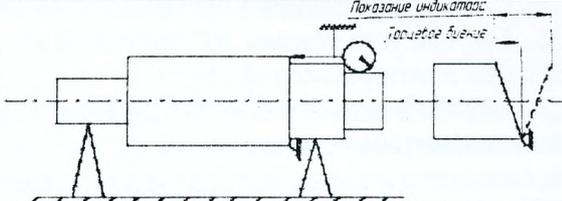
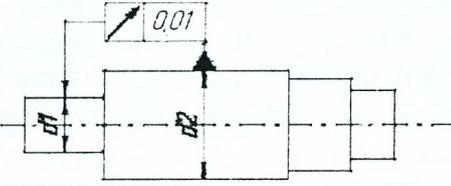
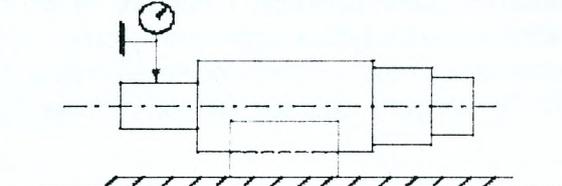
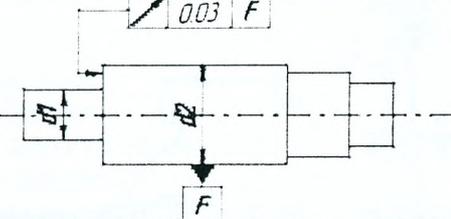
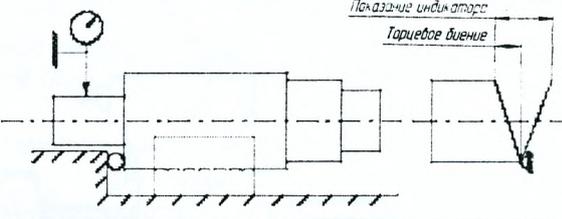
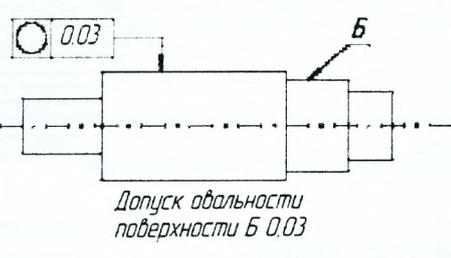
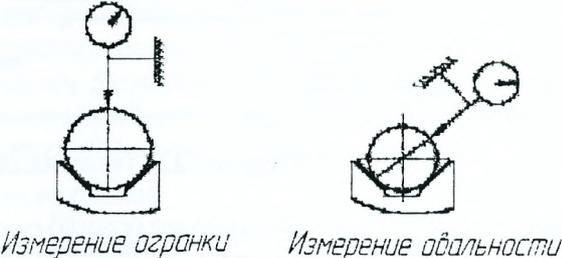
Центровые отверстия являются вспомогательной технологической базой, и такой метод контроля оправдан только на операциях предварительной обработки.

Отклонение формы в общем случае характеризуется наибольшим расстоянием между реальным и прилегающим геометрическим профилем. В поперечном сечении вала обычно рассматривают некруглость или овальность и огранку.

Таблица 2 - Отклонение формы и расположения поверхности вала

Пример обозначения по ГОСТ 2.308-79		Схема измерения	
Радиальное биение относительно оси центров			
Торцевое биение относительно оси центров			Торцевое биение
Радиальное биение относительно общей оси			

Продолжение таблицы 2

<p>Торцовое биение относительно общей оси</p>		 <p>Показание индикатора Торцовое биение</p>
<p>Радиальное биение относительно оси базовой шейки</p>		
<p>Торцовое биение относительно оси базовой шейки</p>		 <p>Показание индикатора Торцовое биение</p>
<p>Отклонение от круглости, овальности, огранки</p>	 <p>Допуск овальности поверхности Б 0.03</p>	 <p>Измерение огранки      Измерение овальности</p>

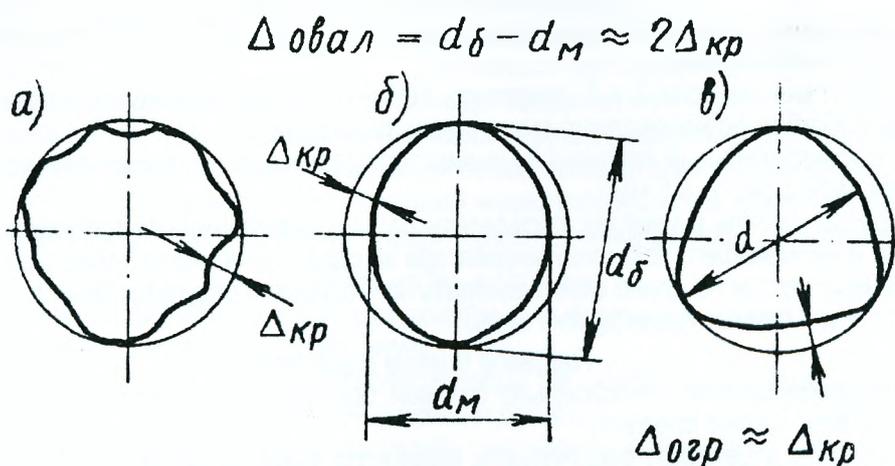


Рисунок 22 - Параметры некруглости

Некруглостью называется наибольшее расстояние от точек реального профиля до идеальной прилегающей окружности (рисунок 22, а). Некруглость, которая характеризует совокупность всех отклонений формы поперечного сечения, можно определить при помощи специальных приборов - кругломеров. Однако о поперечной погрешности формы можно судить, если определить элементарные погрешности некруглости - овальность и огранку.

Овальность - отклонение, при котором реальный профиль представляет собой овальную фигуру. За величину овальности принимается разность между наибольшим и наименьшим диаметрами сечения, т.е. удвоенная величина некруглости (рисунок 22, б). Очевидно, что величину овальности можно определить, если базировать цилиндр на плоскость и при вращении сделать определение разности наибольшего и наименьшего показаний индикатора, установленного перпендикулярно плоскости.

Огранка — отклонение, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру с нечетным числом граней (рисунок 22, в). Величину огранки можно определить, если базировать цилиндр на призму (аналог прилегающей поверхности) и при вращении цилиндра определить разность показате-

лей индикатора, установленного по направлению биссектрисы угла. Строго говоря, в этом случае показания индикатора будут зависеть не только от величины некруглости, но и от числа граней профиля и угла призмы. Так, при угле призмы  $90^\circ$  показания индикатора будут равны удвоенной величине погрешности формы трех- и пятигранного профиля.

В данной работе рассматриваются отдельные приемы контроля формы поверхности, радиального и торцевого биения на специальном приспособлении (рисунок 23). На станине 1 установлены две бабки с центрами 2 и 5, которые перемещаются и закрепляются в нужном положении. На той же станине укреплена стойка 4 с индикатором 3, при помощи которого производят измерение биения и погрешности формы. Кроме центров на направляющих станины могут устанавливаться различные призмы: широкая - для контроля погрешности формы и проверки биения рассматриваемой поверхности относительно базовой, а также две узкие - для контроля биений относительно общей оси. При контроле торцевого биения на стойке индикатора закрепляется регулируемый упор.

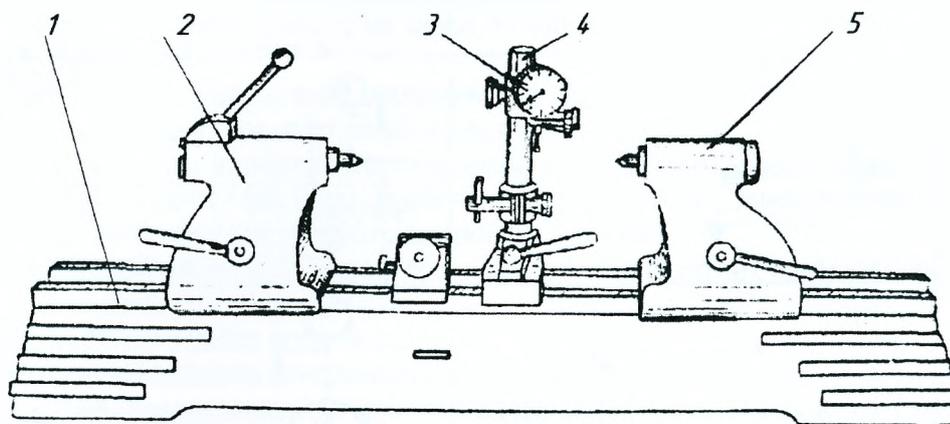


Рисунок 23 - Приспособление для измерения биений

### Порядок выполнения работы

#### *Радиальное биение в центрах*

Определить радиальное биение поверхностей всех шеек вала относительно оси центровых отверстий (таблица 2). Для этого необходимо:

- 1) установить деталь в центрах 2 и 5, закрепить бабки в нужном положении зажимами; если призма мешает установке бабок, то ее необходимо снять с направляющих;
- 2) расположить измерительный наконечник индикатора примерно по оси детали над контролируемой шейкой и добиться натяга около 0,5 мм;
- 3) медленно вращая деталь в центрах, определить радиальное биение контролируемой шейки как разность наибольшего и наименьшего показаний индикатора за один или несколько оборотов детали; повторить измерения в различных местах по длине шейки, выбрать наибольшее и результат занести в таблицу отчета;
- 4) повторить пп. 2 и 3 при контроле других шеек.

#### *Торцевое биение в центрах*

Определить торцевое биение относительно базовой оси центровых отверстий (торцы указываются преподавателем). С этой целью следует:

- 1) установить деталь в центрах, расположить индикатор таким образом, чтобы его измерительный стержень располагался вдоль оси и касался измеряемого торца на возможно большем расстоянии от оси. Добиться натяга индикатора примерно 0,5 мм;
- 2) медленно вращая деталь, определить торцевое биение как разность между наибольшим и наименьшим показаниями индикатора.

#### *Радиальное биение относительно общей оси*

Определить радиальное биение всех шеек вала, относительно общей оси базовых шеек (базовые шейки указываются преподавателем). Для этого необходимо:

- 1) установить на направляющих прибора две узкие призмы (при необходимости раздвинуть бабки с центрами); на призмы установить базовые шейки вала так, чтобы призмы касались шеек приблизительно в средней части; призмы закрепить;
- 2) расположить измерительный наконечник индикатора примерно по оси детали над контролируемой шейкой и добиться натяга около 0,5 мм;
- 3) медленно вращая деталь на призмах, определить радиальное биение контролируемой шейки. Повторить измерения в разных местах по длине шейки, выбрать наибольшее и результат занести в таблицу отчета;
- 4) повторить пп. 2 и 3 при контроле других шеек.

### *Торцевое биение относительно общей оси*

Определить торцевое биение указанного преподавателем торца относительно общей оси. Для этого необходимо:

- 1) установить деталь базовыми шейками на призмы;
- 2) переместить призмы с валиком так, чтобы стойка с индикатором оказалась в районе контролируемого торца и закрепить на стойке индикатор; переместить упор так, чтобы шарик упора касался контролируемого торца снизу и в этом положении закрепить;
- 3) расположить индикатор так, чтобы измерительный стержень был направлен вдоль оси детали, а измерительный наконечник касался измеряемого торца детали в диаметрально противоположной от упора точке, на возможно большем расстоянии от оси детали; добиться натяга индикатора 0,5 мм;
- 4) медленно вращая деталь на призмах и слегка прижимая ее рукой к шарик упора, определить по индикатору разность между наибольшим и наименьшим показаниями за один или несколько оборотов детали. Следует иметь в виду, что при этой схеме измерения полученная разность показаний является удвоенной величиной торцевого биения. Поэтому за величину торцевого биения следует брать половину этой разности показаний.

### *Радиальное биение на призме*

Определить радиальное биение заданной поверхности относительно базовой.

Для этого необходимо:

- 1) установить широкую призму на направляющие и закрепить винтом; если этому мешают бабки с центрами, то их надо раздвинуть;
- 2) измеряемую деталь установить на призму базовой поверхностью;
- 3) расположить измерительный наконечник индикатора примерно по оси измеряемой поверхности детали и добиться натяга измерительного наконечника индикатора примерно на 0,5 мм;
- 4) медленно вращая деталь в призме, найти по индикатору радиальное биение как разность между его наибольшим и наименьшим показаниями за один или несколько оборотов детали. Повторить измерения в разных местах по длине шейки, выбрать наибольшее и результат занести в таблицу отсчета.

### *Торцевое биение на призме*

Определить торцевое биение среднего торца относительно базовой поверхности. С этой целью следует:

- 1) установить деталь на призме таким образом, чтобы измеряемый торец детали упирался в сферический упор, имеющийся на призме, как это показано на схеме измерения;
- 2) расположить индикатор так, чтобы измерительный наконечник его был расположен вдоль оси детали и касался бы измеряемого торца детали в диаметрально противоположной от сферического упора точке на возможно большем расстоянии от оси детали; добиться натяга индикатора 0,5 мм;
- 3) медленно вращать деталь в призме и, слегка прижимая ее рукой к сферическому упору, определить по индикатору разность между его наибольшим и наименьшим показаниями за один или несколько оборотов детали. При этой схеме измерения полученная разность показаний индикатора является удвоенной величиной торцевого биения. Поэтому за величину торцевого биения следует брать половину разности показаний по индикатору.

### *Овальность и огранка*

Определить овальность и огранку базовой поверхности. Для этого необходимо:

- 1) установить измеряемую поверхность на призму;
- 2) расположить индикатор над измеряемой поверхностью так, чтобы измерительный стержень индикатора был перпендикулярен одной из плоскостей призмы и добиться натяга около 0,5 мм;
- 3) медленно вращая деталь на призме, определить овальность шейки вала, как разность между наибольшим и наименьшим показаниями за один или несколько оборотов;
- 4) расположить индикатор над измеряемой поверхностью так, чтобы измерительный стержень был направлен по биссектрисе угла призмы и добиться натяга 0,5 мм;
- 5) медленно вращая деталь на призме, определить разность показаний за один или несколько оборотов и подсчитать огранку, как половину разности показаний. По результатам измерений найти степени точности детали по каждому контролируруемому параметру в соответствии с ГОСТ 24643—81.

### **Форма отчета**

Работа 6	Измерение радиального, торцевого биения и погрешности формы вала	
	Данные об индикаторе	Данные о детали
Цена деления		Эскиз детали с указанием размеров
Предел измерения		

Продолжение

Результаты измерения				
Измеряемый диаметр	Схема измерения (см. таблицу)	Разность показаний индикатора	Измеренная погрешность	Степень точности

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

### Измерение гладкого калибра микрокатром (оптикатором)

Цель работы: определить размеры гладкого калибра-пробки и дать заключение о годности.

Приборы и принадлежности: микрокатор (оптикатор) на стойке, плоскопараллельные концевые меры длины, калибр-пробка.

Измерительная пружинная головка (микрокатор) служит для измерения наружных размеров гладких точных изделий и калибров. По конструкции эти приборы являются механическими приборами, по методу измерения - сравнительными измерительными приборами.

Микрокатор работает на основе использования упругих свойств плоской скрученной ленты. Толщина бронзовой ленты 0,004 - 0,006 мм, ширина 0,15 - 0,30 мм. Эта плоская лента 6 (рисунок 24), скрученная от середины в разных направлениях (правый и левый винт), прикреплена с одной стороны к неподвижному кронштейну 7, а с другой - к угольнику 4, который может покачиваться вокруг точки А на двух плоских пружинах 2 и 3. В средней части ленты приклеена тонкая стеклянная стрелка. Измерительный стержень 8 подвешен в корпусе прибора на двух плоских пружинах 2, 9 и совершает поступательное движение. При этом перемещении измерительного стержня происходит поворот угольника и растяжение ленты. При растяжении лента раскручивается, что и вызывает поворот стрелки вокруг оси ленты. Измерительное усилие создается пружиной 1.

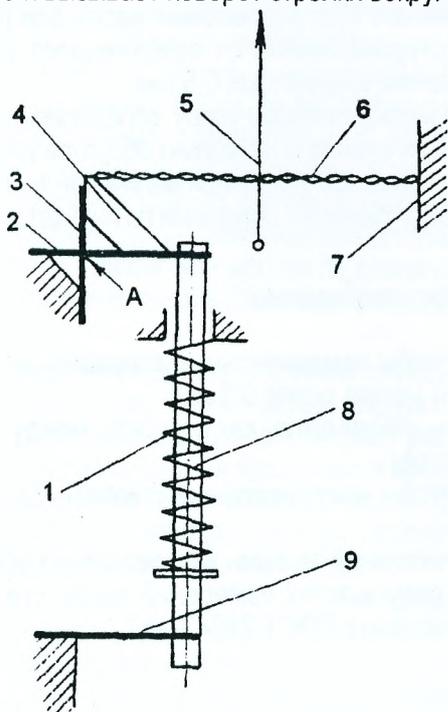


Рисунок 24 - Схема работы микрокатра

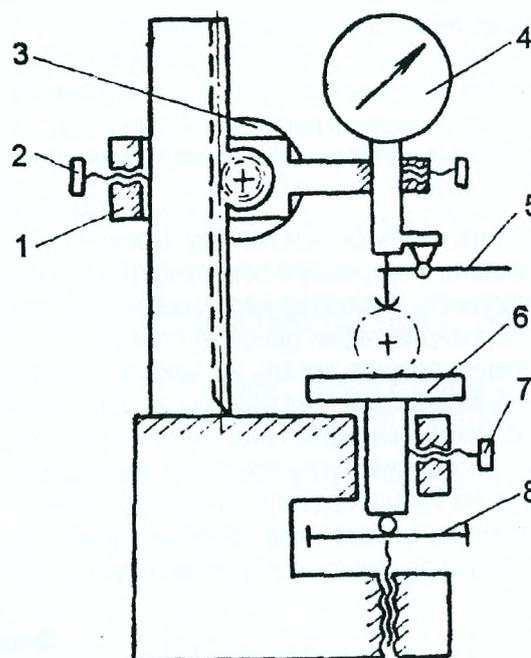


Рисунок 25 - Микрокатор

Микрокаторы выпускаются с ценой деления шкалы 0,1; 2; 5 и 10 мкм. В данной работе используется микрокатор 1-ИГП, т. е. с ценой деления 1 мкм. В этом случае пределы измерения по шкале прибора составляют  $\pm 30$  мкм, а допускаемая погрешность 0,5 мкм. При измерении калибра-пробки микрокатор устанавливается на стойке с плоским столиком (рисунок 25).

### Пружинно-оптические головки (оптикаторы) типа П

Оптикаторы предназначены для точных измерений линейных размеров, а также для измерений отклонений формы. Головки используют со стойками типа С-1 и измерительными приспособлениями с присоединительным диаметром 28 мм. Передаточный механизм аналогичен механизмам пружинных головок. На закрученной пружинной ленте 1 (рисунок 26) укреплено зеркало 8 размером 1,5 x 1,5 x 0,1 мм. В корпусе головки находится осветительное устройство, формирующее световую полосу в виде штриха. Световое устройство состоит из лампочки 9, конденсатора 7, диафрагмы 10 и объектива 11. На средней части диафрагмы натянута нить, поэтому световой луч несет изображение нити в виде темного штриха. Отразившись от зеркала 8, штрих падает на шкалу 13 оптикатора, фиксируя отсчет измеряемого допуска изделия. В качестве указателей границ поля допуска изделия применены красный и зеленый светофильтры или цветные шторки, управление которыми осуществляется кнопками 12.

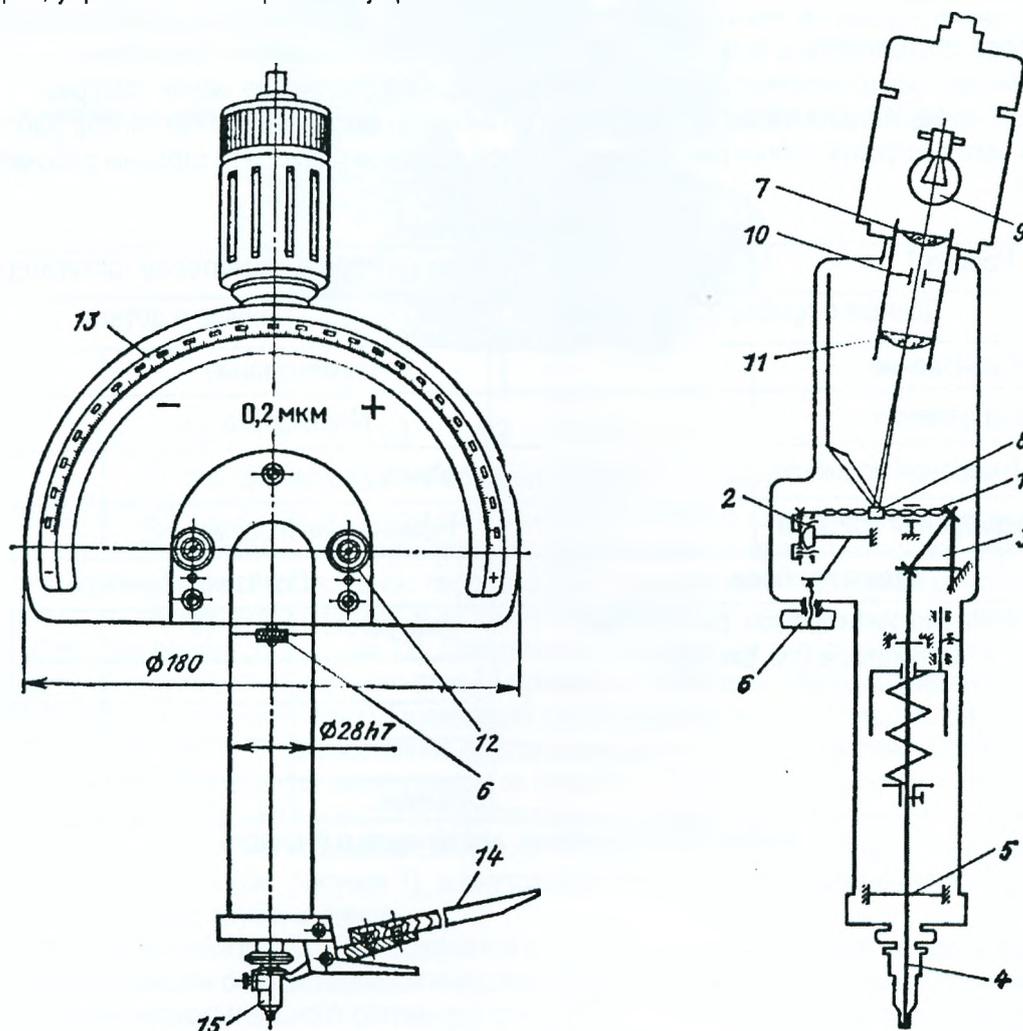


Рисунок 26 – Оптикатор

При измерении размера перемещается измерительный наконечник 15, закрепленный на стержне 4, который подвешен на плоской пружине 5. Перемещение стержня 4 вызывает растяжение пружинной ленты 1, расположенной в опорах 2 и 3, и поворот зеркала 8, что ведет к перемещению светового штриха по шкале 13 оптикатора. Головка с помощью винта 6 может быть установлена на нулевую отметку. Рычаг арретира 14 предназначен для поднятия и опускания измерительного стержня 4 с наконечником 15.

### Порядок выполнения работы

Согласно номинальному размеру контролируемого калибра набрать блок концевых мер.

По блоку концевых мер настроить прибор на нуль. Для этого установить блок на столик 6 прибора. Отпустить винт 2.

Плавным перемещением кронштейна 1 по колонне с помощью маховичка 3 установить микрокатор 4 так, чтобы между измерительным наконечником и плоскостью меры остался зазор 0,5—1 мм и закрепить кронштейн на стойке стопорным винтом.

Отпустить стопорный винт 7 столика и вращением микровинта 8 поднимать столик до тех пор, пока стрелка прибора не совместится с нулевым штрихом шкалы, после чего закрепить столик. Если стрелка несколько не совпадает с нулевым штрихом, то поворотом шкалы винтом, расположенным с правой стороны микрокатора, можно добиться этого совпадения.

Проверить стабильность установки, для этого несколько раз нажать и отпустить арретир 5. Если стрелка прибора сместится с установленного положения, необходимо проверить крепление стопорных винтов и снова установить шкалу на нуль.

Нажать на арретир и снять блокмер со столика.

Измерить диаметр калибра, для чего установить деталь на столик под измерительный наконечник. При этом необходимо прижимать калибр к столику не за рукоятку, а за рабочую часть так, чтобы образующая измеряемой поверхности плотно прилегалась к плоскости столика. Для определения диаметра детали (наибольшей хорды) ее необходимо перемещать или перекачивать по столику прибора. Отсчет по шкале прибора производить в момент, соответствующий максимальному показанию; при отсчете обратить внимание на знак отклонения. Измерять диаметр калибра следует не менее трех раз.

Дать заключение о годности калибра, а также установить, является данный калибр рабочим или приемным, для чего построить схемы расположения полей допусков проходной стороны рабочего и приемного калибров.

#### Форма отчета

Работа 7		Измерение гладкого калибра микрокатором (оптикатором)		
Данные о приборе		Данные о детали		
Наименование		Наименование		
Цена деления		Маркировка		
Пределы измерения по шкале		Номинальный размер ПР		
Пределы измерения прибора		Номинальный размер НЕ		
Схема прибора		Показания прибора		
Схема микрокатора (см. рис. 24) или оптикатора (см. рис. 26)		Измерение	ПР	НЕ
		1		
		2		
		3		
		Среднее		
Схема полей допусков, заключение о годности				

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

### Измерение внутреннего диаметра подшипника на горизонтальном оптиметре

Цель работы: знакомство с плоскопараллельными мерами длины, изучение устройства горизонтального оптиметра.

Приборы и принадлежности: набор плоскопараллельных мер длины (концевых), горизонтальный оптиметр, принадлежности к концевым мерам, объекты измерений.

Горизонтальный оптиметр дает возможность производить как наружные, так и внутренние измерения. Горизонтальный оптиметр состоит из горизонтального штатива и оптиметровой трубки.

Как видно из рисунка 27, на массивном основании 14 покоится вал 16, по которому могут перемещаться кронштейны 9 и 17. В правом кронштейне укрепляется оптиметровая трубка 7, в левом — пиноль 2. Измеряемая деталь, блок из концевых мер или струбцина укрепляются на столике специальными прижимами.

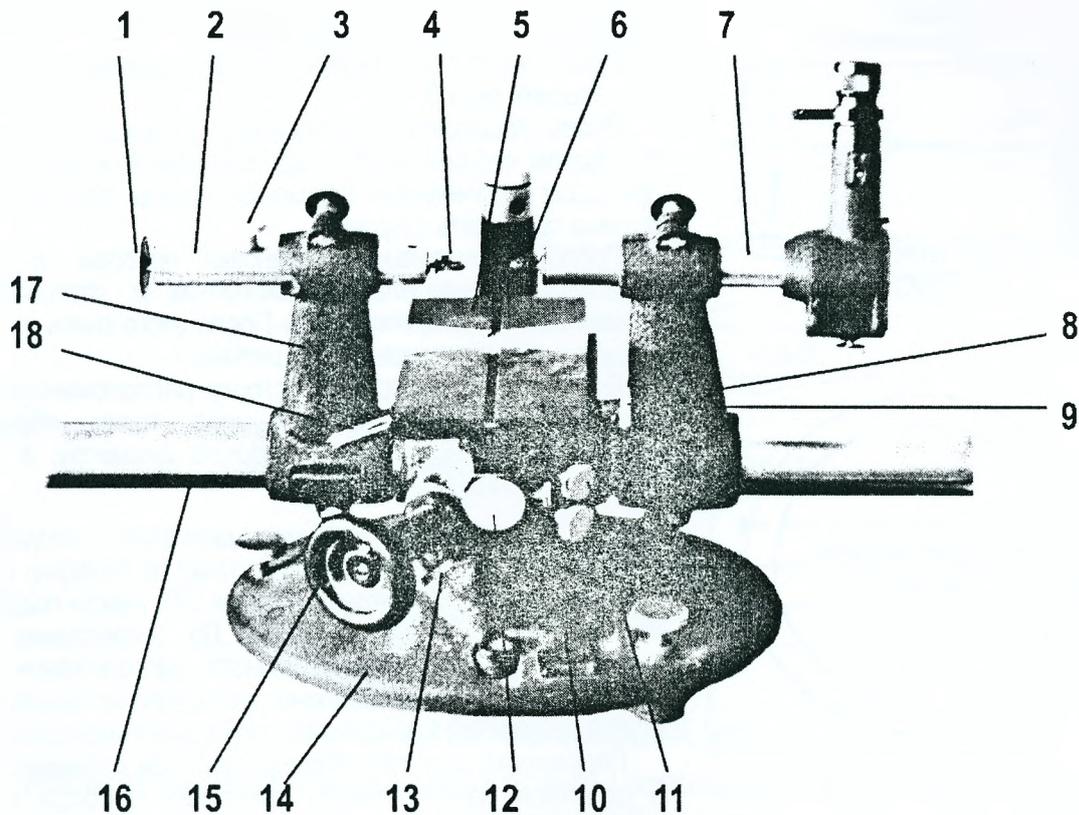


Рисунок 27 – Горизонтальный оптиметр

Для установки детали или блока мер в нужном положении относительно измерительных наконечников стол может перемещаться в трех взаимно перпендикулярных направлениях и вращаться около вертикальной и поперечной горизонтальной оси. Вертикальное перемещение осуществляется вращением маховичка 15 (в нужном положении стол закрепляется винтом 13). Величина вертикального перемещения может быть ограничена упорами (упоры закрепляются винтами 11). Поперечное перемещение стола производится вращением рукоятки 8. Продольное перемещение верхнего стола 5 происходит свободно, благодаря установке его на шариковых направляющих («плавающий стол»). Плавающий стол дает возможность измерять расстояние от пинноли, «жесткий столик» фиксировал бы расстояние относительно стола, что недопустимо. Покачивание стола около горизонтальной оси производится эксцентриком за рукоятку 12 (фиксация в нужном положении — винтом 10). Поворот стола около вертикальной оси осуществляется рукояткой 18.

Наружные поверхности на горизонтальном оптиметре измеряются наконечниками оптиметра 6 и регулируемого стержня пинноли 4 (см. рисунок 1), а внутренние поверхности — наконечниками дуг, которые надеваются на оптиметровую трубку и пинноль.

Грубая установка кронштейнов 9 и 17 производится от руки путем перемещения их вдоль вала. Точная установка наконечника пинноли осуществляется микрометрическим винтом 1 (фиксируется винтом 3).

Пределы измерения горизонтального оптиметра при измерении наружных размеров — от 0 до 300 мм внутренних размеров — от 13 до 150 мм. Пределы измерения по шкале прибора составляют  $\pm 100$  мкм.

#### Порядок выполнения работы

1. Настроить оптиметр на нуль, для чего:

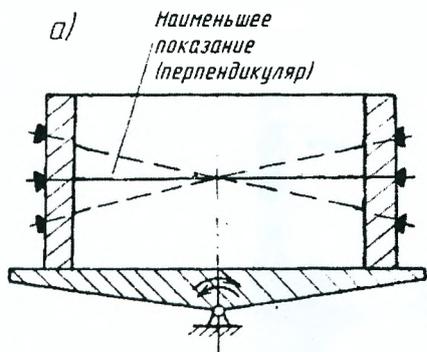
Набрать блок концевых мер в соответствии с номинальным размером наружного кольца подшипника (измерить штангенциркулем).

Установить набранный блок на столик оптиметра.

Привести в соприкосновение с измерительными поверхностями плиток измерительные наконечники, отрегулировав столик по высоте так, чтобы касание происходило примерно по средней плоскости блока.

Если необходимо переместить пинноль на значительную величину, ее перемещают вместе с кронштейном 17 (рисунок 27) при открепленном стопоре. На незначительные расстояния можно перемещать только пинноль, предварительно отпустив зажимной винт.

После касания (момент касания с измерительными наконечниками будет заметен по движению шкалы в поле зрения окуляра) отстопорить винт 3 и, вращая за накатную головку микрометрического винта 1 пинноли, установить шкалу оптиметра на нуль и застопорить винтом 3. Для того, чтобы прибор был установлен на нуль именно по размерам блока, необходимо выверить положение блока при помощи поворотов измерительного столика



вокруг горизонтальной и вертикальной осей, зафиксировав положение при наименьшем показании.

После этого отстопорить винт 3, установить шкалу на нуль и застопорить винт 3.

Вновь проверить правильность установки прибора на нуль поворотом столика вокруг горизонтальной и вертикальной осей, при этом наименьшее показание шкалы при обоих поворотах должно совпадать с нулем.

После окончательной установки прибора на нуль отжать арретиром измерительный наконечник и, отстопорив винт 13, маховичком 15 отпустить стол. После этого снять со столика блок концевых мер и установить подшипник.

Для удобства измерений в стойку, расположенную за столиком устанавливают специальный упор таким образом, чтобы измерение размера происходило по диаметру, а не по хорде кольца подшипника.

2. Выполнить измерение диаметра наружного кольца подшипника, установив его на подставку на середину стола. Подняв стол (при нажатом арретире, рисунок 27), ввести подшипник между измерительными наконечниками. До закрепления подшипника прижимом добиться симметричного расположения плавающего стола в продольном направлении относительно нижней части стола. В этом положении закрепить кольцо подшипника прижимом.

Перемещая стол перпендикулярно оси оптиметра за рукоятку 8 добиться максимального показания прибора и не снимая

отсчета, оставить стол в этом положении (рисунок 28,б).

Покачивая стол вокруг горизонтальной оси за рукоятку 12 найти минимальное показание оптиметра и только после этого произвести отсчет (рисунок 28,а).

Измерения выполнить в двух крайних сечениях (крайнее сечение – сечение отстоящее от плоскости, прилегающих к торцу кольца подшипника на расстояние, равное удвоенной величине номинальной координаты фаски), а в каждом сечении – в шести направлениях (после каждого измерения наружное кольцо поворачивать примерно на 30°). Результаты измерений, а также некоторые данные о приборе и объекте измерений заносятся в форму отчета.

3. Дать заключение о годности наружного кольца подшипника в соответствии с требованием ГОСТ 520-89. Подшипник считается годным, если измеренные значения  $D_{\min}^{\text{ИЗМ}}$  и  $D_{\max}^{\text{ИЗМ}}$  (по обоим сечениям) укладываются в ус-

становленные границы для  $D$ , и средний диаметр  $D_{\text{cp}} = \frac{D_{\max}^{\text{ИЗМ}} + D_{\min}^{\text{ИЗМ}}}{2}$  укладывается в допуск среднего диаметра  $D_{\text{cp}}$ .

Значения  $D_{\max}^{\text{ИЗМ}}$  и  $D_{\min}^{\text{ИЗМ}}$  – наибольший и наименьший измеренные диаметры, выбранные из ряда измерений по обоим сечениям. Допуски и предельные отклонения  $D$  и  $D_{\text{cp}}$  для подшипников классов точности 0, 6, 5 приведены в таблицах приложения. Дать схему поля допуска.

#### Форма отчета

Работа 8		Измерение наружного диаметра подшипника на горизонтальном оптиметре		
Данные о приборе		Данные о детали		
Наименование		Наименование и маркировка		
Цена деления, мм		Номинальный диаметр, мм		
Пределы измерения по шкале, мм		Предельные отклонения диаметра $D$ , мкм	es	
			ei	
Пределы измерения прибора, мм		Предельные отклонения диаметра $D_{\text{cp}}$ , мкм	es	
			ei	
Схема измерения		Показания прибора, $\Delta D_i^{\text{ИЗМ}}$ , мм		

Продолжение

	I сечение		II сечение	
	1		1	
	2		2	
	3		3	
	4		4	
	5		5	
	6		6	

$D_{\max} =$   
 $D_{\min} =$

$$\Delta D_{cp} = \frac{\Delta D_{\max} + \Delta D_{\min}}{2} =$$

Схемы полей допусков и заключение о годности.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

### Измерение среднего диаметра резьбы резьбовым микрометром

Цель работы: дать заключение о годности резьбового изделия.

Приборы и принадлежности: а) штангенциркуль; б) резьбовой микрометр; в) объекты измерений.

#### *Методы и средства измерения элементов резьбы*

Контроль точности цилиндрических резьб осуществляют комплексными и дифференциальными (т.е. поэлементными) методами.

Комплексный метод контроля применяют для резьбовых деталей, допуск среднего диаметра которых является суммарным допуском. Этот метод основан на одновременном контроле среднего диаметра, шага, половины угла, а также внутреннего и наружного диаметров резьбы путем сравнения действительного контура резьбовой детали с предельными. Это достигается при помощи предельных калибров, а для резьб малых размеров - при помощи проекторов.

В производственных условиях обычно применяют комплексный метод контроля резьбовыми калибрами как самый производительный и экономичный.

При дифференцированном методе контроля отдельно проверяют собственно диаметр, шаг и половину угла профиля. Годность резьбового изделия в этом случае определяют по приведенному среднему диаметру резьбы, который подсчитывают по результатам измерений отдельных его составляющих.

При дифференцированном методе контроля возможно измерить любой элемент резьбы. Такие приборы называют универсальными. Существуют и специальные приборы, которые позволяют измерить только один элемент резьбы.

Дифференцированный контроль параметров резьбы применяют как для наружных, так и для внутренних резьб. При измерении параметров болтов используют резьбовые микрометры со вставками для измерения собственно среднего диаметра резьб  $d_2$  с пределами измерений 0-25 мм, 25 - 50 мм и т.д. (до 350 мм) через 25 мм.

Резьбовые микрометры со вставками позволяют измерять средний диаметр резьбы непосредственно в процессе ее изготовления, контроля при ремонте и в других случаях неточного измерения.

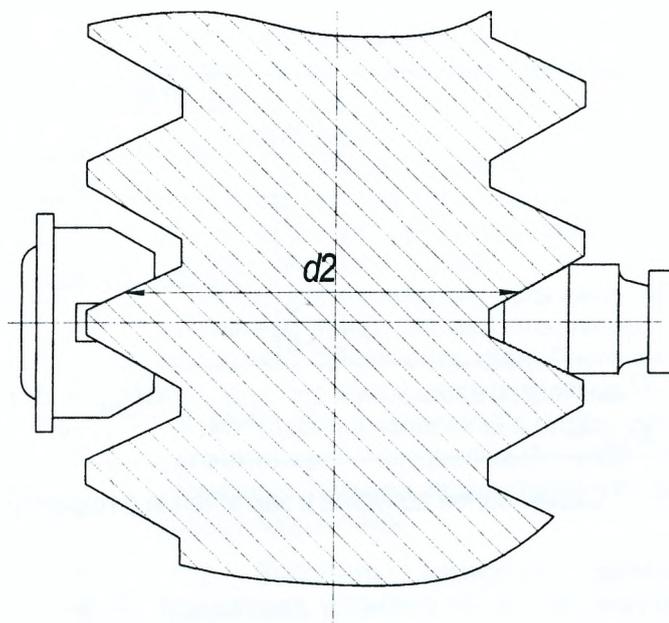
Погрешность контроля резьбовым микрометром может достигать 0,2 мм.

Более точным методом измерения среднего диаметра резьбы является метод трех проволок. При этом методе в зависимости от требуемой точности измерения проводят гладким микрометром, оптиметром или длинномером. Результат измерения не дает непосредственного значения среднего диаметра резьбы (косвенный метод измерения). Величина  $d_2$  определяется расчетом.

Шаг резьбы и половину угла профиля резьбы контролируют в основном на микроскопах или проекторах. Для измерения шага резьбы иногда применяют стационарные или накладные шагомеры.

#### *Измерение резьбовым микрометром*

Средним диаметром резьбы ( $d_2$ ) с нечетным числом заходов можно назвать расстояние между параллельными боковыми сторонами профиля витков, измеренное перпендикулярно к оси резьбы (рисунок 29).



**Рисунок 29 - Схема измерения резьбы**

Резьбовой микрометр служит для измерения среднего диаметра крепежных резьб. По конструкции этот микрометр (рисунок 30) аналогичен гладкому микрометру и отличается от последнего главным образом устройством пятки и микровинта. В пятке 2 и конце микровинта 3 резьбового микрометра имеются отверстия, в которые вставляются сменные вставки. Барабан резьбового микрометра выполнен составным, что облегчает установку микрометра на нуль; встречаются конструкции с регулируемой пяткой 2.

При изменении диаметра резьбы применяются две вставки, одна из которых имеет конусообразную форму, другая - призматическую (рисунок 30,а). Каждая пара вставок предназначена для измерения резьб определенного шага: 0,4 - 0,5; 0,6 - 0,8; 1-1,5; 1,75 - 2,5 и 3 - 4,5 мм.

Выпускаются микрометры для измерения резьб диаметром от 0 до 350 мм. Цена деления барабана 0,01 мм. Предельная погрешность микрометра зависит от шага и диаметра резьбы и может составлять от +/- 10 до +/- 30 мкм.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Определить при помощи резьбомера или штангенциркуля шаг резьбы, подлежащей измерению.
2. Отобрать соответствующие вставки. Вставку с конусом поместить в гнездо микровинта, а вставку призматическую - в гнездо пятки.

3. Проверить установку микрометра на нуль, для чего отпустить стопорную гайку микровинта 4 (см. рисунок 30, б) и, вращая микровинт за трещотку 11, добиться контакта между вставками.

Контакт считается правильным при трехкратном прощелкивании трещотки. Если при этом нулевой штрих барабана не совпадает с осевой риской на стебле 5 микрометра, то необходимо отрегулировать положение шкал. Для этого надо выполнить следующее:

- а) зафиксировать положение микровинта стопорной гайкой; отвернуть кольцо барабана 7 и, придерживая другую часть барабана 8 за накатку колпачка 10, выдвинуть часть барабана со шкалой 6 и установить ее так, чтобы нулевой штрих этой части барабана совпадал с осевой риской на стебле микрометра, а торец барабана - с нулевым делением стебля; в этом положении поворотом кольца 6 закрепить часть барабана со шкалой;

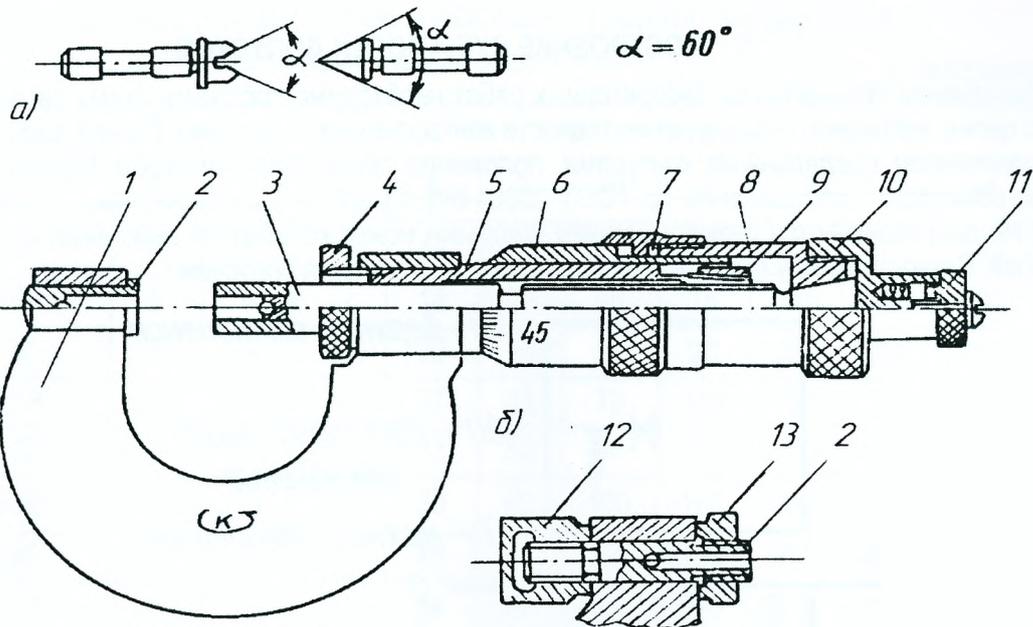
- б) отпустить стопор 4 и отвернуть микровинт на 1 - 2 оборота, после чего, вновь добившись контакта вставок, проверить правильность нулевого показания. При необходимости повторить установку.

В некоторых конструкциях микровинтов установка на нуль производится не барабаном, а регулируемой пяткой 2. Регулировка производится так:

- а) установить нулевое показание по обеим шкалам и в этом положении застопорить микровинт стопором 4; отпустить контргайку 12 регулируемой пятки и выдвинуть ее гайкой 13 до соприкосновения вставок; в этом положении закрепить пятку контргайкой;

- б) отпустить стопор 4 и отвернуть микровинт на 1 - 2 оборота, после чего вращением за трещотку вновь добиться контакта вставок и проверить правильность нулевого показания.

4. Ввести проверяемую резьбу между наконечниками (см. рисунок 27) и, пользуясь трещоткой, измерить средний диаметр.



**Рисунок 30 - Резьбовой микрометр**

С целью самоконтроля рекомендуется после измерения зафиксировать положение микровинта стопором 4 и между вставками микрометра осторожно прокатить проверяемую резьбу. В этом случае, если резьба проходит между вставками микрометра с легким усилием, то измерение проведено правильно. Если же усилие при прокатывании резьбы чрезмерно велико или отсутствует, то измерение следует повторить. Произвести отсчет по шкалам. Измерение выполнить 3 раза.

5. Дать заключение о годности резьбового изделия, если оно выполнено по степени точности 6g, 7d, 4h (задается преподавателем).

Для того, чтобы дать заключение о годности резьбового изделия, необходимо сравнить результаты измерений со стандартными значениями. Для этого по таблице 15П определяется номинальный средний диаметр, а по таблице 16П - величина допуска на  $d_2$ . В том случае, если измеренные значения входят в допуск на средний диаметр, изделие признается годным.

Контрольные вопросы:

1. Что называется средним диаметром?
2. Как можно определить шаг резьбы?
3. В каком случае резьбовое изделие признается годным?
4. Как установить микрометр на нуль?

**Форма отчета**

Работа 9		Измерение среднего диаметра резьбы микрометром	
Данные о приборе		Данные о детали	
Наименование		Наименование и маркировка	
Цена деления		Шаг резьбы	
Пределы измерения		Номинальный средний диаметр	
Схема измерения		Показания прибора	
		1	
		2	
		3	
		Среднее	
Схема полей допусков и заключение о годности			

### 1. ПОСТРОЕНИЕ СХЕМ ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ

При выполнении большинства лабораторных работ необходимо построить схему расположения поля допуска с целью наглядного определения годности контролируемых деталей. Полем допуска называется поле, ограниченное предельными контурами; положение предельных контуров обуславливается предельными размерами (определение по ГОСТ 25364-89). Предельными размерами (наибольший  $d_{max}$  и наименьший  $d_{min}$ ) называются размеры, между которыми может колебаться действительный размер годных деталей. Разность между предельными размерами называется допуском.

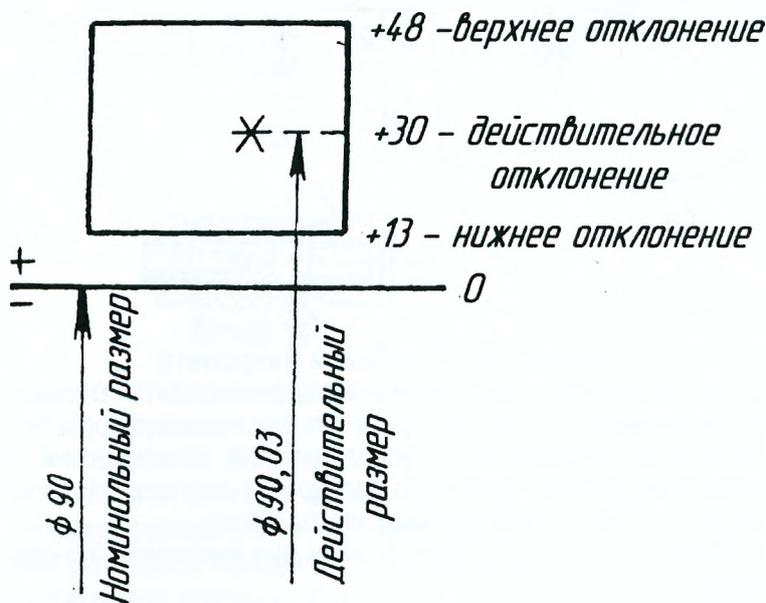


Рисунок 1П – Схема поля допуска

Действительным размером  $d_d$  называется размер детали, полученный в результате непосредственного измерения с допустимой погрешностью (обычно не более 20—30% допуска). Обычно положение поля допуска задается не предельными размерами, а номинальным размером и двумя предельными отклонениями.

Номинальный размер  $d$  служит началом отсчета отклонений. Он указывается на чертежах исходя из расчетов или конструктивных соображений в соответствии с существующими стандартами. При выполнении лабораторных работ номинальный размер может быть определен по-разному: либо он прямо дан в инструкции, либо приведена формула для его расчета, либо он указан в маркировке детали, либо его надо найти в прилагаемых таблицах.

При построении схемы поля допуска вначале проводится нулевая линия (ось абсцисс), соответствующая номинальному размеру. От нулевой линии в определенном масштабе откладываются отклонения в соответствии с их знаком (по оси ординат).

Отклонением размера называется алгебраическая разность между размером и его номинальным значением, поэтому: верхнее отклонение  $es = d_{max} - d$ ; нижнее  $ei = d_{min} - d$ ; действительное  $e_d = d_d - d$ ; допуск  $Td = es - ei$ . Верхнее и нижнее отклонения даны в прилагаемых таблицах соответствующих стандартов. Действительное отклонение определяется по результату измерения детали и отмечается на схеме поля допуска знаком X.

Детали считаются годными, если действительное отклонение будет между верхним и нижним отклонениями, т. е. в пределах поля допуска.

## 2. СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК ГЛАДКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Таблица 1П – Значение допусков и посадок гладких соединений

в микрометрах

Интервал номинальных размеров, мм	Квалитет										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400
Св. 3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480
Св. 6 до 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580
Св. 10 до 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700
Св. 18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840
Св. 30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000
Св. 50 до 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200
Св. 80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400
Св. 120 до 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600
Св. 180 до 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850
Св. 250 до 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100
Св. 315 до 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300
Св. 400 до 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500

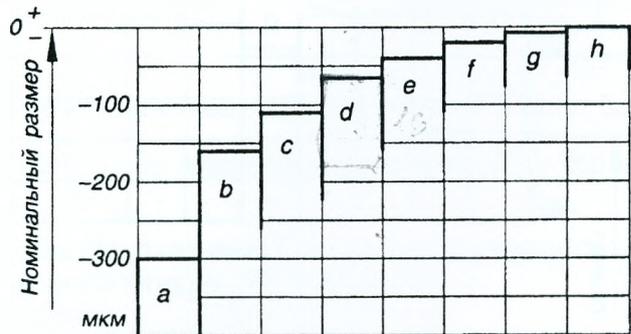


Таблица 2П – Значения основных отклонений валов (верхние отклонения es со знаком «-»)

в микрометрах

Интервал номинальных размеров, мм	Основные отклонения							
	a	b	c	d	e	f	g	h
До 3	270	140	60	20	14	6	2	0
Св. 3 до 6	270	140	70	30	20	10	4	0
Св. 6 до 10	280	150	80	40	25	13	5	0
Св. 10 до 18	290	150	95	50	32	16	6	0
Св. 18 до 30	300	160	110	65	40	20	7	0
Св. 30 до 40	310	170	120	80	50	25	9	0
Св. 40 до 50	320	180	130					
Св. 50 до 65	340	190	140	100	60	30	10	0
Св. 65 до 80	360	200	150					

Продолжение таблицы 2П

Св. 80 до 100	380	220	170	120	72	36	12	0
Св. 100 до 120	410	240	180					
Св. 120 до 140	460	260	200	145	85	43	14	0
Св. 140 до 160	520	280	210					
Св. 160 до 180	580	310	230					
Св. 180 до 200	660	340	240	170	100	50	15	0
Св. 200 до 225	740	380	260					
Св. 225 до 250	820	420	280					
Св. 250 до 280	920	480	300	190	110	50	17	0
Св. 280 до 315	1050	540	330					
Св. 315 до 355	1200	600	360	210	125	62	18	0
Св. 355 до 400	1350	680	400					
Св. 400 до 450	1500	760	440					
Св. 450 до 500	1650	840	480	230	135	68	20	0

Примечание: Таблица приведена в сокращении

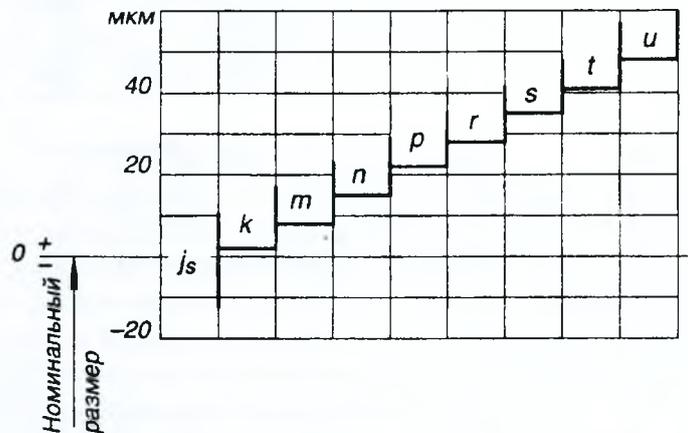


Таблица 3П – Значения основных отклонений валов (нижние отклонения  $e_i$  со знаком «+»)

в микрометрах

Интервал номинальных размеров, мм	Основные отклонения								
	$js$	$k$	$m$	$n$	$p$	$r$	$s$	$t$	$u$
До 3	Предельные отклонения = $\pm 1/2$ допуска	0	2	4	6	10	14	—	18
Св. 3 до 6		1	4	8	12	15	19	—	23
Св. 6 до 10		1	6	10	15	19	23	—	28
Св. 10 до 18		1	7	12	18	23	28	—	33
Св. 18 до 24		2	8	15	22	28	35	—	41
Св. 24 до 30								41	48
Св. 30 до 40		2	9	17	26	34	43	48	60

Продолжение Таблицы 3П

Св. 40 до 50		2	9	17	26	34	34	54	70
Св. 50 до 65		2	11	20	32	41	53	66	87
Св. 65 до 80						43	59	75	102
Св. 80 до 100		3	13	23	37	51	71	91	124
Св. 100 до 120						54	79	104	144
Св. 120 до 140		3	15	27	43	63	92	122	170
Св. 140 до 160						65	100	134	190
Св. 160 до 180						68	108	146	210
Св. 180 до 200		4	17	31	50	77	122	166	236
Св. 200 до 225						80	130	180	258
Св. 225 до 250						84	140	196	284
Св. 250 до 280		4	20	34	56	94	158	218	315
Св. 280 до 315						98	170	240	350
Св. 315 до 355		4	21	37	62	108	190	268	390
Св. 355 до 400						114	208	294	435
Св. 400 до 450		5	23	40	68	126	232	330	490
Св. 450 до 500						132	252	360	540

Примечания:

1. Для полей допусков от js7 до js11 нечетные числовые значения IT могут быть округлены до ближайшего меньшего четного числа, чтобы предельные отклонения  $\pm \frac{IT}{2}$  были выражены целым числом микрометров.

2. Числовые значения для основного отклонения k приведены для квалитетов от 4 до 7, значения основных отклонений в других квалитетах см. ГОСТ 25346-89

3. Таблица приведена в сокращении.

Таблица 4П – Значения основных отклонений отверстий (нижние отклонения EI со знаком «+»)

в микрометрах

Интервал номинальных размеров, мм	Основные отклонения							
	A	B	C	D	E	F	G	H
До 3	270	140	60	20	14	6	2	0
Св. 3 до 6	270	140	70	30	20	10	4	0
Св. 6 до 10	280	150	80	40	25	13	5	0
Св. 10 до 18	290	150	95	50	32	16	6	0
Св. 18 до 30	300	160	110	65	40	20	7	0
Св. 30 до 40	310	170	120	80	50	25	9	0
Св. 40 до 50	320	180	130					
Св. 50 до 65	340	190	140	100	60	30	10	0
Св. 65 до 80	360	200	150					
Св. 80 до 100	380	220	170	120	72	36	12	0
Св. 100 до 120	410	240	180					

Продолжение Таблицы 4П

Св. 120 до 140	460	260	200	145	85	43	14	0
Св. 140 до 160	520	280	210					
Св. 160 до 180	580	310	230					
Св. 180 до 200	660	340	240	170	100	50	15	0
Св. 200 до 225	740	380	260					
Св. 225 до 250	820	420	280					
Св. 250 до 280	920	480	300	190	110	56	17	0
Св. 280 до 315	1050	540	330					
Св. 315 до 355	1200	600	360	210	125	62	18	0
Св. 355 до 400	1350	680	400					
Св. 400 до 450	1500	760	440	230	135	68	20	0
Св. 450 до 500	1650	840	480					

Примечание: Таблица приведена в сокращении.

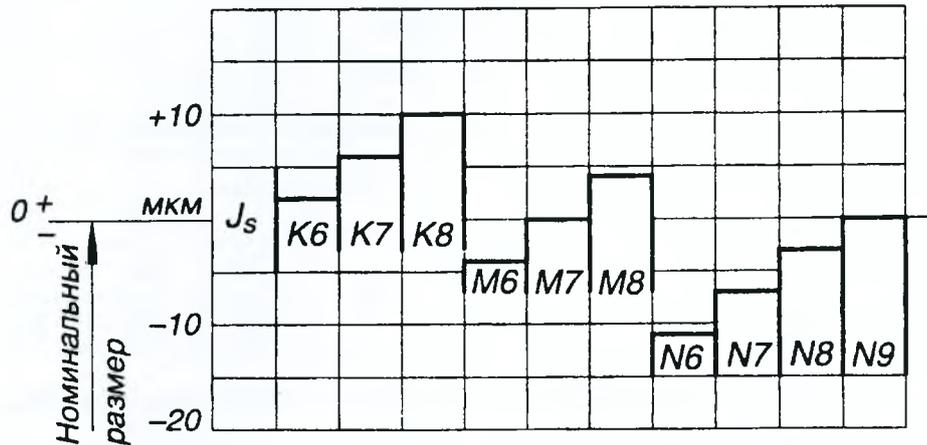


Таблица 5П – Значения основных отклонений отверстий (верхние отклонения ES)

в микрометрах

Интервал номинальных размеров, мм	Основные отклонения											
	<i>J<sub>s</sub></i>	<i>K6</i>	<i>K7</i>	<i>K8</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>	<i>M8</i>	<i>N6</i>	<i>N7</i>	<i>N8</i>	<i>N9</i>	
До 3	Предельные отклонения = ±1/2 допуска	0	0	0	-2	-2	—	-4	-4	-4	-4	
Св. 3 до 6		+2	+3	+5	-1	0	+2	-5	-4	-2	0	
Св. 6 до 10		+2	+5	+6	-3	0	+1	-7	-4	-3	0	
Св. 10 до 18		+2	+6	+8	-4	0	+2	-9	-5	-3	0	
Св. 18 до 24		Предельные отклонения = ±1/2 допуска	+2	+6	+10	-4	0	+4	-11	-7	-3	0
Св. 24 до 30			+3	+7	+12	-4	0	+5	-12	-8	-3	0
Св. 30 до 40			+3	+7	+12	-4	0	+5	-12	-8	-3	0
Св. 40 до 50			+3	+7	+12	-4	0	+5	-12	-8	-3	0

Продолжение Таблицы 5П

Св. 50 до 65	Предельные отклонения = $\pm 1/2$ допуска	+4	+9	+14	-5	0	+5	-14	-9	-4	0
Св. 65 до 80											
Св. 80 до 100		+4	+10	+16	-6	0	+6	-16	-10	-4	0
Св. 100 до 120											
Св. 120 до 140											
Св. 140 до 160		+4	+12	+20	-8	0	+8	-20	-12	-4	0
Св. 160 до 180											
Св. 180 до 200											
Св. 200 до 225		+5	+13	+22	-8	0	+9	-22	-14	-5	0
Св. 225 до 250											
Св. 250 до 280											
Св. 280 до 315		+5	+16	+25	-9	0	+9	-25	-14	-5	0
Св. 315 до 355											
Св. 355 до 400		+7	+17	+28	-10	0	+11	-26	-16	-5	0
Св. 400 до 450											
Св. 450 до 500	+8	+18	+29	-10	0	+11	-27	-17	-6	0	

Примечание: Таблица приведена в сокращении.

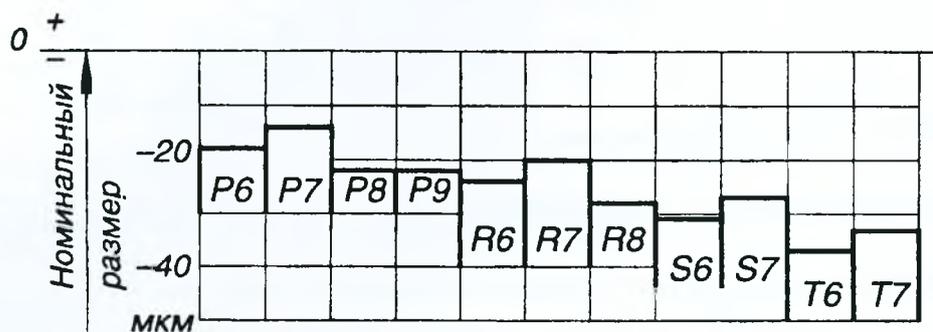


Таблица 6П – Значения основных отклонений отверстий (верхние отклонения es со знаком «-») в микрометрах

Интервал номинальных размеров, мм	Основные отклонения										
	<i>P6</i>	<i>P7</i>	<i>P8</i>	<i>P9</i>	<i>R6</i>	<i>R7</i>	<i>R8</i>	<i>S6</i>	<i>S7</i>	<i>T6</i>	<i>T7</i>
До 3	6	6	6	6	10	10	10	14	14	—	—
Св. 3 до 6	9	8	12	12	12	11	15	16	15	—	—
Св. 6 до 10	12	9	15	15	16	13	19	20	17	—	—
Св. 10 до 18	15	11	18	18	20	16	23	25	21	—	—
Св. 18 до 24	18	14	22	22	24	20	28	31	27	—	—
Св. 24 до 30										33	33
Св. 30 до 40	21	17	26	26	29	25	34	38	34	43	39
Св. 40 до 50										49	45
Св. 50 до 65	26	21	32	32	35	30	41	47	42	60	55
Св. 65 до 80					37	32	43	53	48	69	64
Св. 80 до 100	30	24	37	37	44	38	51	64	58	84	78
Св. 100 до 120					47	41	54	72	66	97	91
Св. 120 до 140	36	28	43	43	56	48	63	85	77	115	107
Св. 140 до 160					58	50	65	93	85	127	119
Св. 160 до 180					61	53	68	101	93	139	131
Св. 180 до 200	41	33	50	50	68	60	77	113	105	157	149
Св. 200 до 225					71	63	80	121	113	171	163
Св. 225 до 250					75	67	84	131	123	187	179
Св. 250 до 280	47	36	56	56	85	74	94	149	138	209	198
Св. 280 до 315					89	78	98	161	150	231	220
Св. 315 до 355	51	41	62	62	97	87	108	179	169	257	247
Св. 355 до 400					103	93	114	197	187	283	273
Св. 400 до 450	55	45	68	68	113	103	126	219	209	317	307
Св. 450 до 500					119	109	132	239	229	347	337

Примечание: Таблица приведена в сокращении.

### 3. ДОПУСКИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ (ГОСТ 24643—81)

Таблица 7П – Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей в микрометрах

0.1	0.12	0.16	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8
1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6	8
10	12	16	20	25	30	40	50	60	80
100	120	160	200	250	300	400	500	600	800
1000	1200	1600	2000	2500	3000	4000	5000	6000	8000

Таблица 8П – Допуски плоскостности и прямолинейности

в микрометрах

Интервал номинальных размеров, мм	Степень точности															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	МКМ												ММ			
До 10	0.25	0.4	0.6	1	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	0.06	0.1	0.16	0.25
Свыше 10 до 16	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	0.08	0.12	0.2	0.3
Свыше 16 до 25	0.4	0.6	1	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	0.1	0.16	0.25	0.4
Свыше 25 до 40	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0.12	0.2	0.3	0.5
Свыше 40 до 63	0.6	1	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	0.16	0.25	0.4	0.4
Свыше 63 до 100	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0.2	0.3	0.5	0.8
Свыше 100 до 160	1	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0.25	0.4	0.6	1
Свыше 160 до 250	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0.3	0.5	0.8	1.2
Свыше 250 до 400	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0.4	0.6	1	1.6

Примечание: Под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка. Если нормируемый участок не задан, то под номинальным размером понимается номинальная длина большей стороны поверхности или номинальный больший диаметр торцевой поверхности.

Таблица 9П – Допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения

в микрометрах

Интервал номинальных размеров, мм	Степень точности															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	МКМ												ММ			
До 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	0.08	0.12	0.2	0.3
Свыше 3 до 10	0.4	0.6	1	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	0.1	0.16	0.25	0.4
Свыше 10 до 18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0.12	1.2	0.3	0.5
Свыше 18 до 30	0.6	1	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	0.16	0.25	0.4	0.6
Свыше 30 до 50	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0.2	0.3	0.5	0.8
Свыше 50 до 120	1	1.6	2.5	4	6	10	15	25	40	60	100	160	0.25	0.4	0.6	1
Свыше 120 до 250	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0.3	0.5	0.8	1.2
Свыше 250 до 400	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0.4	0.6	1	1.6

Примечание: Под номинальным размером понимается номинальный диаметр поверхности.

Таблица 10П – Допуски параллельности, перпендикулярности, торцового биения

в микрометрах

Интервал номинальных размеров, мм	Степень точности															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	МКМ												ММ			
До 10	0.4	0.6	1	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	0.1	0.16	0.25	0.4
Свыше 10 до 16	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0.12	0.2	0.3	0.5
Свыше 16 до 25	0.6	1	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	0.16	0.25	0.4	0.6
Свыше 25 до 40	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0.2	0.3	0.5	0.8
Свыше 40 до 63	1	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0.25	0.4	0.6	1
Свыше 63 до 100	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0.3	0.5	0.8	1.2
Свыше 100 до 160	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0.4	0.6	1	1.6
Свыше 160 до 250	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0.5	0.8	1.2	2
Свыше 250 до 400	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0.6	1	1.6	2.5

Примечание: При назначении допусков параллельности и перпендикулярности под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка или номинальная длина всей рассматриваемой поверхности, если нормируемый участок не задан. При назначении допусков торцового биения под номинальным размером понимается заданный номинальный диаметр или номинальный больший диаметр торцовой поверхности.

Таблица 11П – Допуски радиального биения, соосности, симметричности, пересечения осей в диаметральном выражении

в микрометрах

Интервал номинальных размеров, мм	Степень точности															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	мкм												мм			
До 3	0.8	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0.2	0.3	0.5	0.8
Свыше 3 до 10	1	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0.25	0.4	0.6	1
Свыше 10 до 18	1.2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0.3	0.5	0.8	1.2
Свыше 18 до 30	1.6	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0.4	0.6	1	1.6
Свыше 30 до 50	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0.5	0.8	1.2	2
Свыше 50 до 120	2.5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0.6	1	1.6	2.5
Свыше 120 до 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	0.8	1.2	2	3
Свыше 250 до 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1	1.6	2.5	4

Примечание: При назначении допусков радиального биения под номинальным размером понимается номинальный диаметр рассматриваемой поверхности. При назначении допусков соосности, симметричности, пересечения осей под номинальным размером понимается номинальный диаметр рассматриваемой поверхности вращения или номинальный размер между поверхностями, образующими рассматриваемый симметричный элемент. Если база не указывается, то допуск определяется по элементу с большим размером.

#### 4. УГЛЫ И КОНУСЫ

Таблица 12П – Нормальные углы (ГОСТ 8908—2000)

в градусах

0°15'	2°30'	8	20	45	75	120
0°30'	3	9	22	50	80	135
0°45'	4	10	25	55	85	150
1	5	12	30	60	90	180
1°30'	6	15	35	65	100	270
2	7	18	40	70	110	360

Таблица 13П – Предельные отклонения углов ( $\pm$ ) (ГОСТ 8908—2000)

в градусах

Интервалы длин меньшей стороны угла, мм	Степень точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Св. 12 До 20	15"	25"	40"	1'	1'30"	2'30"	4'	10'	25'	1°
Св. 20 До 32	12"	20"	30"	50"	1'15"	2'	3'	8'	20'	50'
Св. 32 До 50	10"	15"	25"	40"	1'	1'30"	2'30"	6'	15'	40'
Св. 50 До 80	8"	12"	20"	30"	50"	1'15"	2'	5'	12'	30'
Св. 80 До 120	6"	10"	15"	25"	40"	1'	1'30"	4'	10'	25'

#### 5. ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

Таблица 14П – Предельные отклонения наружного диаметра колец шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных (по ГОСТ 3476-79)

в микрометрах

Интервалы номинальных диаметров, $D$ , мм	Допускаемые отклонения наружного диаметра кольца							
	$D_{cp}$				$D$			
	Классы точности подшипников							
	0,6	0	6	0		6		
	$es$	$ei$	$ei$	$es$	$ei$	$es$	$ei$	
Свыше 18 до 30	0	-9	-8	+2	-11	+1	-9	
Свыше 30 до 50	0	-11	-9	+3	-14	+2	-11	
Свыше 50 до 80	0	-13	-11	+4	-17	+2	-13	
Свыше 80 до 120	0	-15	-13	+5	-20	+2	-15	
Свыше 120 до 150	0	-18	-15	+6	-24	+3	-18	
Свыше 150 до 180	0	-25	-18	+7	-32	+3	-21	

#### 6. РЕЗЬБЫ

Таблица 15П – Основные размеры резьб (ГОСТ 8724—81)

в миллиметрах

Шаг резьбы, $S$	Наружный диаметр $d$ для резьб		Средний диаметр, $d_2$	Внутренний диаметр, $d_1$
	с крупным шагом	с мелким шагом		
1	6	8	5,350	4,918
		10	7,350	6,918
			9,350	8,918

Продолжение таблицы 15П

1,25	8	10	7,188 9,188	6,647 8,647
1,5	10	12	9,026	8,376
		14	11,026	10,376
		16	13,026	12,376
		16	15,026	14,376
1,75	12		10,863	10,106
2	14 16	18 20 22 24	12,701	11,835
			14,701	13,835
			16,701	15,835
			18,701	17,835
			20,701	19,835
			22,701	21,835
2,5	18 20 22		16,376	15,294
			18,376	17,294
			20,376	19,294
3	24 27	30 33 40 42 45	22,051	20,752
			25,051	23,752
			28,051	26,752
			31,051	29,752
			38,051	36,752
			40,051	38,752
			43,051	41,752
3,5	30 33		27,727	26,211
			30,727	29,211

Таблица 16П – Допуски и отклонения среднего, наружного и внутреннего диаметра резьбы  
(по ГОСТ 16093—81)

в микрометрах

Шаг резьбы S, мм	Номинальный диаметр резьбы d, мм	Верхнее отклонение d, d <sub>1</sub> и d <sub>2</sub>				Допуск среднего диаметра d <sub>2</sub>				Допуск наружного диаметра d <sub>1</sub>		
		поля допусков				Степень точности				степень точности		
		h	g	e	d	4	6	7	8	4	6	8
1	св. 5,6 до 11,2 св. 11,2 до 22,4	0	-26	-60	290	71 75	112 118	140 150	180 190	112	180	280
1,25	св. 5,6 до 11,2 св. 11,2 до 22,4	0	-28	-63	-95	75 85	118 132	150 170	190 212	132	212	335
1,5	св. 5,6 до 11,2 св. 11,2 до 22,4	0	-32	-67	-95	85 90	132 140	170 180	212 224	150	236	375
1,75	св. 11,2 до 22,4	0	-34	-71	-100	95	150	190	236	170	265	425
2	св. 11,2 до 22,4 св. 22,4 до 45	0	-38	-71	-100	100 106	160 170	200 212	250 265	180	285	450
2,5	св. 11,2 до 22,4	0	-42	-80	-106	106	170	212	265	212	335	530
3	св. 22,4 до 45	0	-48	-85	-112	125	200	250	315	-236	375	600
3,5	св. 22,4 до 45	0	-53	-90	-118	132	212	265	335	265	425	670

## 7. КАЛИБРЫ ГЛАДКИЕ ДЛЯ ОТВЕРСТИЙ

Таблица 17П – Формулы для вычисления исполнительных размеров предельных калибров с номинальными размерами изделий до 500 мм

Вид калибра и условное обозначение		Номинальные размеры изделия, мм	
		До 180	Свыше 180 до 500
Калибр-пробка	Проходной новый Р-ПР <sub>исп</sub>	$(D_{\min} + z + 0,5H)_{-H}$	$(D_{\min} + z + 0,5H)_{-H}$
	Проходной изношенный Р-ПР <sub>изн</sub>	$D_{\min} - y$	$D_{\min} - y + \alpha$
	Непроходной Р-НЕ <sub>исп</sub>	$(D_{\max} + 0,5H)_{-H}$	$(D_{\max} - \alpha + 0,5H)_{-H}$
Калибр-скоба	Проходной новый Р-ПР <sub>исп</sub>	$(d_{\max} - z_1 - 0,5H_1)^{+H_1}$	$(d_{\max} - z_1 - 0,5H_1)^{+H_1}$
	Проходной изношенный Р-ПР <sub>изн</sub>	$d_{\max} + y_1$	$d_{\max} + y_1 - \alpha_1$
	Непроходной Р-НЕ <sub>исп</sub>	$(d_{\min} - 0,5H_1)^{+H_1}$	$(d_{\min} + \alpha_1 - 0,5H_1)^{+H_1}$
Контрольный калибр	Проходной новый К-ПР <sub>исп</sub>	$(d_{\max} - z_1 + 0,5H_1)_{-H_P}$	$(d_{\max} - z_1 + 0,5H_1)_{-H_P}$
	Проходной изношенный К-ПР <sub>изн</sub>	$(d_{\max} + y_1 + 0,5H_P)_{-H_P}$	$(d_{\max} + y_1 - \alpha_1 + 0,5H_P)_{-H_P}$
	Непроходной К-НЕ <sub>исп</sub>	$(d_{\min} + 0,5H_1)_{-H_P}$	$(d_{\min} + \alpha_1 + 0,5H_1)_{-H_P}$

Примечание: Исполнительные размеры калибров округляют по следующим правилам: размеры рабочих калибров для изделий квалитетов 15...17 – до целого микрометра; для изделий квалитетов 6...14 и всех контрольных приборов – до значений, кратных 0,5 мкм, при этом допуск на калибры сохраняется; размеры, оканчивающиеся на 0,25 и 0,75 мкм округляют до значений, кратных 0,5 мкм, в сторону сокращения производственного допуска изделия.

Таблица 18П – Допуски и отклонения калибров (по СТ СЭВ 157-75)

в микрометрах

Квалитет	Обозначения параметров	Интервалы размеров, мм													Допуск на форму
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500	
6	z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8	—
	y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7	—
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5	—
	z <sub>1</sub>	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	—
	y <sub>1</sub>	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7	—
	H; H <sub>S</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
	H <sub>1</sub> H <sub>P</sub>	2 0,8	2,5 1	2,5 1	3 1,2	4 1,5	4 1,5	5 2	6 2,5	8 3,5	10 4,5	12 6	13 7	15 8	IT2 IT1
7	z, z <sub>1</sub>	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	—
	y, y <sub>1</sub>	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9	—
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7	—
	H; H <sub>1</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H <sub>S</sub>	—	—	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
	H <sub>P</sub>	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	IT1
8	z, z <sub>1</sub>	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18	—
	y, y <sub>1</sub>	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11	—
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9	—
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	H <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	H <sub>S</sub> *; H <sub>P</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1

9	$z; z_1$	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32	—
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9	—
	$H$	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	$H_1$	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	$H_S^*; H_P$	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
10	$z; z_1$	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37	—
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	11	14	—
	$H$	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	$H_1$	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	$H_S^*; H_P$	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
11	$z; z_1$	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55	—
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	15	20	—
	$H; H_1$	4	5	6	8	9	11	15	15	18	20	23	25	27	IT4
	$H_S$	—	—	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	$H_P$	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1

\*К размерам до 6 мм не относится  
Примечания: 1.Числовые значения стандартных допусков принимают по ГОСТ 25346-89.  
2.Для квалитетов с 9 по 11 у и у<sub>1</sub> равны нулю.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1987.

2. Соломахо В.Л., Цитович Б.В. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. – Мн.: Дизайн ПРО, 2004.

3. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Лаб. практикум/Б.В. Цитович, В.Л. Соломахо, Л.Д. Ковалев. – Мн.: Выш. шк., 1987.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Измерение наружных и внутренних размеров детали штангенинструментом.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Измерение углов угломерами.....	7
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Измерение наружных и внутренних размеров детали микрометрическим инструментом.....	10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Измерение размеров гладких наружных цилиндрических поверхностей относительным методом. Плоскопараллельные концевые меры длины.....	14
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. Измерение диаметра отверстия индикаторным нутромером.....	17
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Измерение радиального, торцевого биений и погрешности формы вала.....	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. Измерение гладкого калибра микрокатором (оптикатором).....	24
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8. Измерение наружного диаметра подшипника на горизонтальном оптиметре.....	26
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9. Измерение среднего диаметра резьбы резьбовым микрометром.....	29
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	32
1. Построение схем полей допусков.....	32
2. Система допусков и посадок гладких соединений.....	33
3. Допуски формы и расположения поверхностей (ГОСТ 24643—81).....	38
4. Углы и конусы.....	42
5. Подшипники качения.....	42
6. Резьбы.....	42
7. Калибры гладкие для отверстий.....	44
ЛИТЕРАТУРА.....	47

Учебное издание

Составители: Григорьев Владимир Федорович  
Хоронжевский Юрий Анатольевич

# Нормирование точности и технические измерения

Методическое пособие к лабораторным работам для студентов  
машиностроительных специальностей

## ЧАСТЬ I

### Методы и средства линейно-угловых измерений

Ответственный за выпуск: Григорьев В.Ф.  
Редактор: Строкач Т.В.  
Компьютерный набор: Волощук А.А.  
Компьютерная верстка: Боровикова Е.А.  
Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано к печати 30.03.2006 г. Формат 60x84 1/8. Бумага «Океан». Усл. п. л. 5,6.  
Уч.-изд. л. 6,0. Заказ № 323. Тираж 120 экз. Отпечатано на ризографе учреждения  
образования «Брестский государственный технический университет».  
224017, г.Брест, ул. Московская, 267.