

Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Детали машин»

**Г. П. Тариков, А. Т. Бельский, Н. В. Прядко**

## **НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
по курсу «Детали машин»  
для студентов специальности 1-36 20 02  
«Упаковочное производство (по направлениям)»  
дневной формы обучения**

Гомель 2012

УДК 621.81.001.63(075.8)  
ББК 34.42я73  
Т19

*Рекомендовано научно-методическим советом  
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 6 от 13.02.2012 г.)*

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

**Тариков, Г. П.**  
Т19 Нормирование точности и технические измерения : лаборатор. практикум по курсу «Детали машин» для студентов специальности 1-36 20 02 «Упаковочное производство (по направлениям)» днев. формы обучения / Г. П. Тариков, А. Т. Бельский, Н. В. Прядко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. – 68 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: [http:// http://alis.gstu.by/StartEK/](http://http://alis.gstu.by/StartEK/). – Загл. с титул. экрана.

Содержит лабораторные работы по теме нормирования точности и технических измерений с использованием измерительных инструментов в машиностроении.

Для студентов специальности 1-36 20 02 «Упаковочное производство (по направлениям)» дневной формы обучения.

УДК 621.81.001.63(075.8)  
ББК 34.42я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2012

# Лабораторная работа № 1

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

### 1. Цель работы

1. Ознакомиться с методами измерений;
2. Изучить конструкцию измерительных инструментов, используемых в машиностроении для измерения и контроля геометрических размеров деталей машин.

### 2. Общие сведения

**Методы измерения.** Для обеспечения высокого качества изделий необходимо, чтобы все параметры деталей (размеры, предельные отклонения форм, расположения поверхностей и др.) были выполнены с заданной точностью.

В технике эти параметры проверяют двумя способами - измерением и контролем.

Измерением называют нахождение физической величины с помощью специальных технических средств.

При контроле обычно не находят действительные величины, а устанавливают, что они находятся в заданных пределах.

Измерения могут быть прямыми и косвенными, которые различаются способом получения результата.

При прямом измерении искомое значение физической величины получают непосредственно по устройству отображения измерительной информации применяемого средства измерения (например, диаметр вала с помощью штангенциркуля).

При косвенном измерении определение искомого значения физической величины осуществляют на основании результатов прямых измерений других физических величин, которые функционально связаны с искомой величиной (например, находят угол по измеренным длинам катета и гипотенузы). Принципиальной особенностью косвенных измерений является необходимость обработки результатов вне прибора. Косвенные измерения в некоторых случаях позволяют получить более точные результаты, чем прямые.

Измерения могут осуществляться двумя методами: методом непосредственной оценки и методом сравнения. В первом случае измеряемую величину

ну определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора. Во втором случае ее сравнивают с известной мерой или эталоном.

**Плоскопараллельные концевые меры длины.** Плоскопараллельные концевые меры длины ГОСТ 9038-90 (рис. 1) предназначены для использования в качестве рабочих мер для регулировки и настройки показывающих измерительных приборов, непосредственного измерения линейных размеров изделий, а также для поверки и градуировки измерительных приборов.



Рис. 1

Концевая мера длины представляет собой пластину из закаленной стали или твердого сплава, имеющую форму прямоугольного параллелепипеда с двумя плоскими измерительными поверхностями. Измерительные поверхности довольно точно обрабатываются путем шлифования и доводки.

На каждой концевой мере нанесено значение ее номинальной длины. На мерах с размерами до 5,5 мм номинальный размер наносится на одной из измерительных поверхностей, а на мерах с размерами свыше 5,5 мм – на боковой поверхности.

Концевые меры выпускают наборами. Различают 21 набор концевых мер. Наибольшее распространение имеют наборы №1 из 83 мер и №2 из 43 мер.

Характерной особенностью концевых мер длины является их притираемость измерительными поверхностями при их надвигании друг на друга, при этом они прочно сцепляются между собой. Эта особенность концевых мер позволяет собирать блоки разных размеров из минимального числа концевых мер с дискретностью 1 мкм.

**Штангенинструменты.** Для измерения линейных размеров деталей абсолютным методом и воспроизведения размеров при разметке деталей служат штангенинструменты,

Штангенинструменты представляют большую группу измерительных средств: штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмасы, штангензубомеры и т.д.

В общем случае штангенинструменты имеют две измерительные губки, одна из которых связана с направляющей штангой, на которой нанесена основная шкала, а другая жестко связана с подвижной рамкой.

Конструкция отсчетного устройства любого штангенинструмента состоит из линейки с основной шкалой с ценой деления 1 мм, по которой перемещается линейка со шкалой нониуса.

Основными характеристиками нониуса являются цена деления нониуса  $a$  и модуль нониуса  $\gamma$ .

Цена деления нониуса и модуль нониуса определяются по формулам:

$$a = \frac{i}{n}; \quad \gamma = \frac{l+i}{n \cdot i},$$

где  $i$  – цена деления основной шкалы;

$n$  – число делений нониуса;

$l$  – длина шкалы нониуса.

Шкала нониуса может иметь длину 9 мм, 19 мм, 39 мм и 49 мм. Цена деления нониуса может быть 0,1 мм, 0,05 мм и 0,02 мм. Типы нониусов приведены на рис. 2

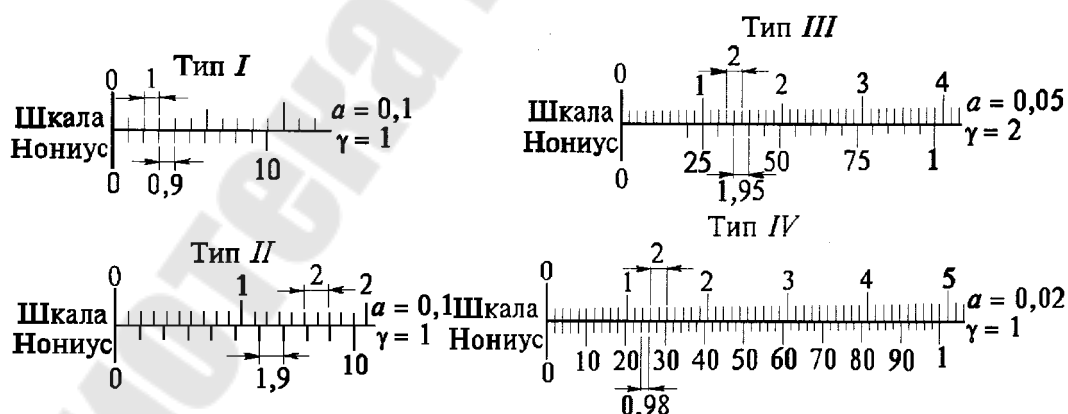


Рис. 2

Отсчет показаний штангенинструментов производится следующим образом:

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

тем, какой штрих шкалы нониуса ближе к штриху основной шкалы.

**Штангенциркуль.** Штангенциркуль является наиболее распространенным штангенинструментом. Он выпускается трех типов:

ШЦ - I - с двусторонним расположением губок, для наружных и внутренних измерений и с линейкой для измерения глубин (рис. 3,);

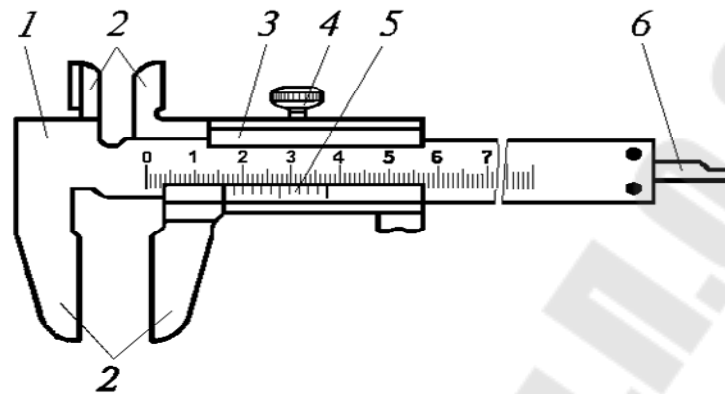


Рис. 3

ШЦ - II - с двусторонним расположением губок для наружных и внутренних измерений и разметки (рис.4);

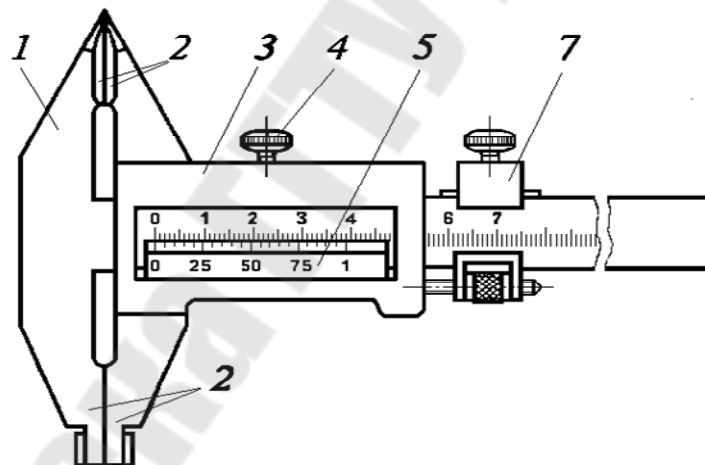


Рис. 4

ШЦ - III - с односторонними губками для наружных и внутренних измерений (рис. 5).

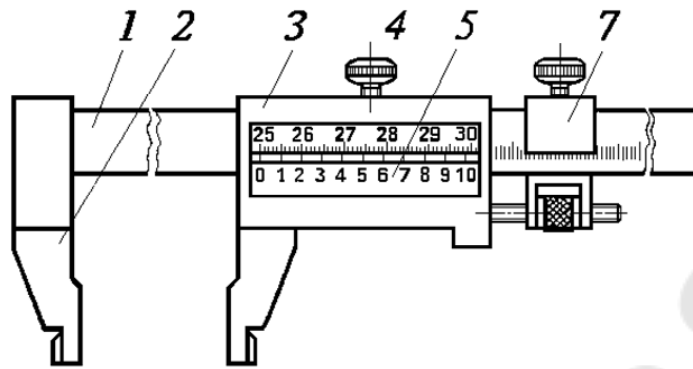


Рис. 5

Основными частями штангенциркулей являются: штанга – линейка 1, измерительные губки 2, рамка 3, винт зажима рамки 4, нониус 5, линейка глубиномера 6 (только у штангенциркулей ШЦ - I), рамка микрометрической подачи 7 (у штангенциркулей ШЦ – II и ШЦ – III), применяемая для установки штангенциркуля на размер.

При многократном измерении размеров деталей при помощи штангенциркуля отсчет показателей по нониусу утомителен. Для устранения этого недостатка в настоящее время налажено производство штангенциркулей со стрелкой (рис. 6) и с цифровой индексацией (рис. 7)



Рис. 6

У этих приборов закрепляют на штанге рейку, а на рамке - зубчатое колесо, которое поворачивается вместе со стрелкой.



Рис. 7

В штангенциркулях с цифровой индикацией зубчатое колесо связано с круговым фотоэлектрическим преобразователем, который выдает 1000 импульсов за один оборот колеса. Импульсы регистрируются на световом табло штангенциркуля.

**Штангенрейсмас.** Штангенрейсмас (рис. 8) применяется для измерения высоты детали на плите и для разметочных работ. Конструкция штангенрейсмаса принципиально не отличается от конструкции и принципа действия штангенциркуля.

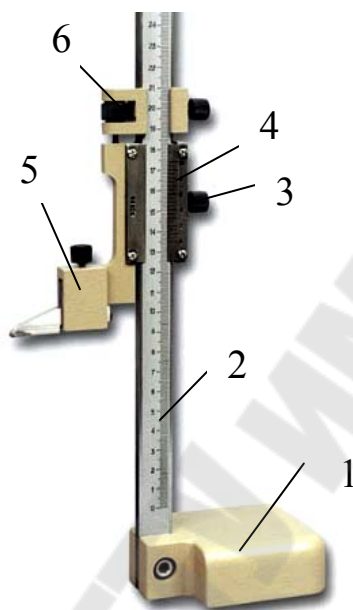


Рис. 8

На штанге инструмента 2, которая закреплена на основание 1, нанесена миллиметровая шкала. Вдоль штанги перемещается рамка 4, к которой крепится разметочная или измерительная ножка 5. Рамка имеет нониус, а для облегчения установки на требуемый размер снабжена микрометрической подачей 6. Фиксирование рамки осуществляется стопорным винтом 3.

**Штангенглубомер.** Штангенглубомер (рис. 9) применяется для измерения глубин, выточек, канавок и уступов.

Он отличается от штангенциркуля тем, что не имеет на штанге 1 неподвижных губок. Они оформлены в виде опорного основания – траверсы 2 с плоскостью, расположенной перпендикулярно к направлению штанги. Траверса имеет шкалу нониуса. Фиксация траверсы осуществляется винтом 3.



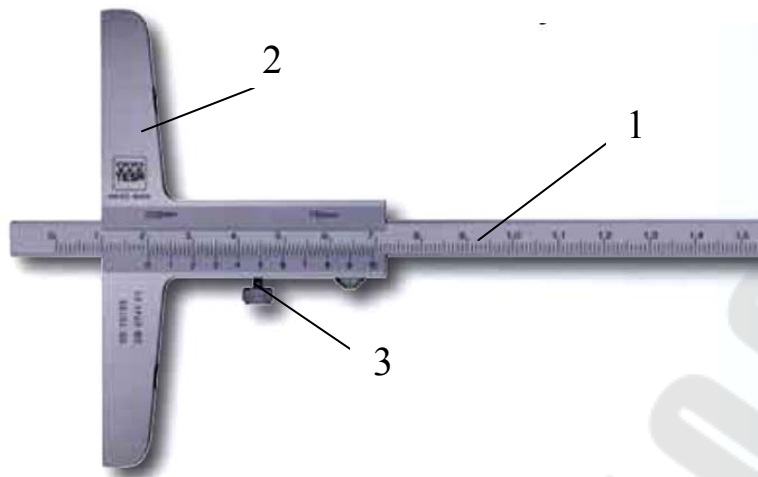


Рис. 9

**Штангензубомер.** Штангензубомер (рис. 10) предназначен для измерения расстояния между разноименными боковыми поверхностями зуба цилиндрических прямозубых и косозубых колес внешнего зацепления по постоянной хорде или по хорде делительной окружности.

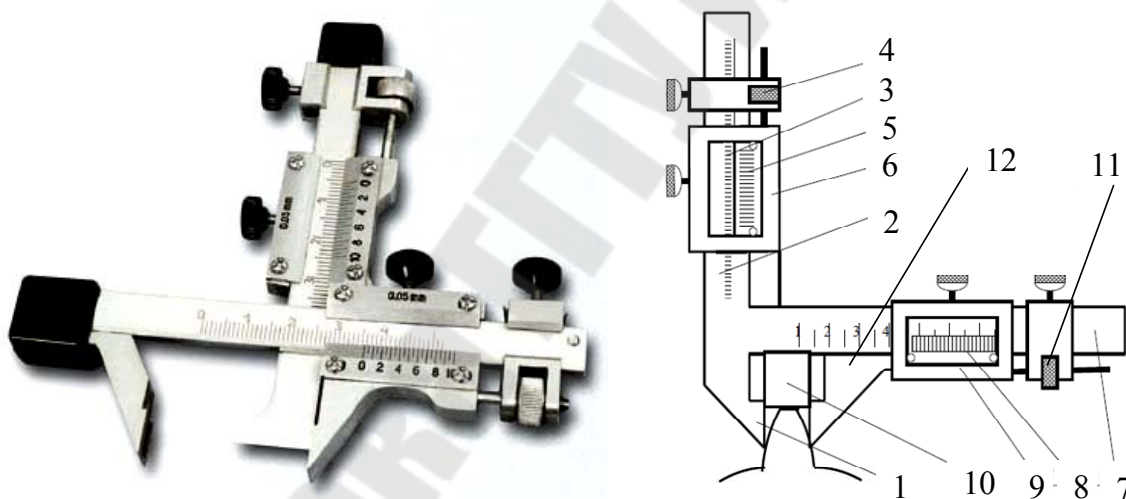


Рис. 10

Штангензубомеры выпускаются двух типов:

- 1) для измерения зубчатых колес с модулями от 1 мм до 18 мм;
- 2) для измерения зубчатых колес с модулями от 5 мм до 35 мм.

Штангензубомер представляет собой угольник 2 с двумя линейками – горизонтальной 7 и вертикальной 3. На вертикальной линейке имеется измерительная губка 1 и движок 6 с микрометрическим винтом 4, при помощи которого упор 10 устанавливается на требуемую высоту  $h_c$  по шкале и нониусу 5.

По горизонтальной линейке передвигается движок 9 с измерительной губкой 12 и нониусом 8. Движок снабжен микрометрическим винтом 11 для точной установки измерительной губки.

**Микрометрические инструменты.** Микрометрические инструменты общего назначения выпускаются трех основных типов:

- 1) микрометр;
- 2) микрометрический глубиномер;
- 3) микрометрический нутромер.

Основным узлом микрометрических инструментов является винтовая пара.

Отсчетное устройство (рис. 11) состоит из двух шкал. Первая основная шкала 5 с ценой деления 1 мм нанесена на стебель 7. Над основной шкалой нанесена вспомогательная шкала 4, с ценой деления тоже 1 мм, но сдвинутая относительно неё на 0,5 мм, что позволяет производить отсчет с точностью 0,5 мм. Указателем для данной шкалы является скошенный край 6 торца барабана 2.

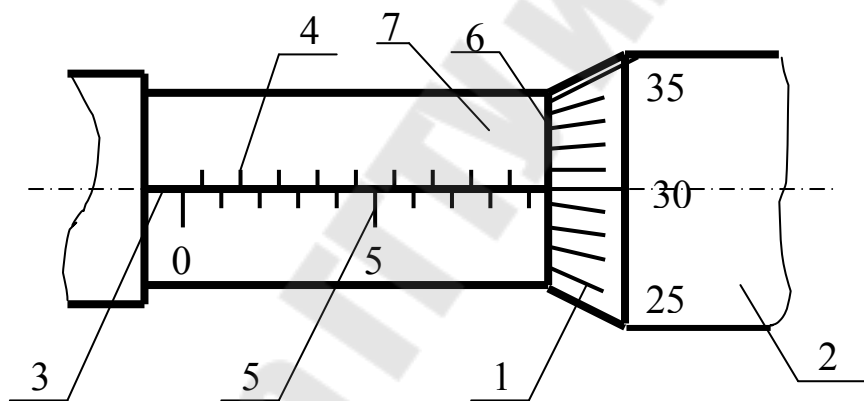
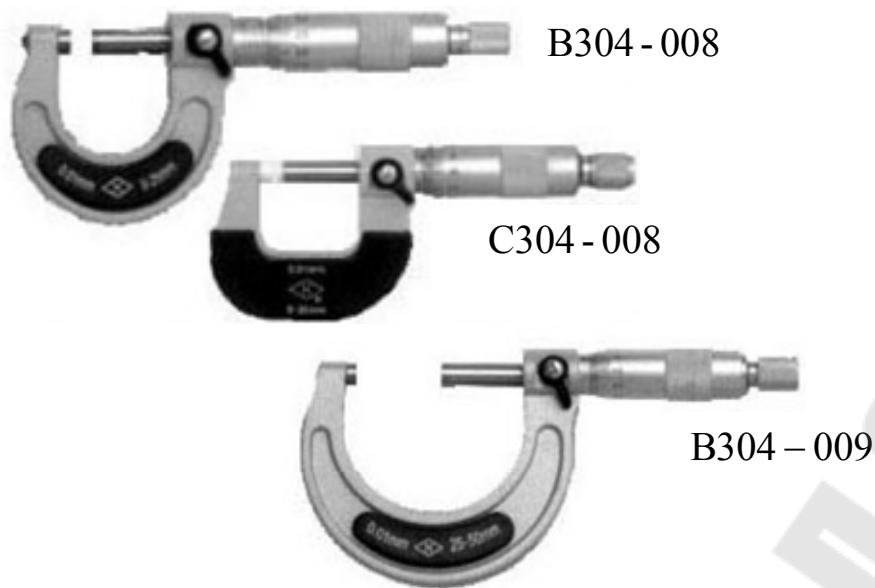


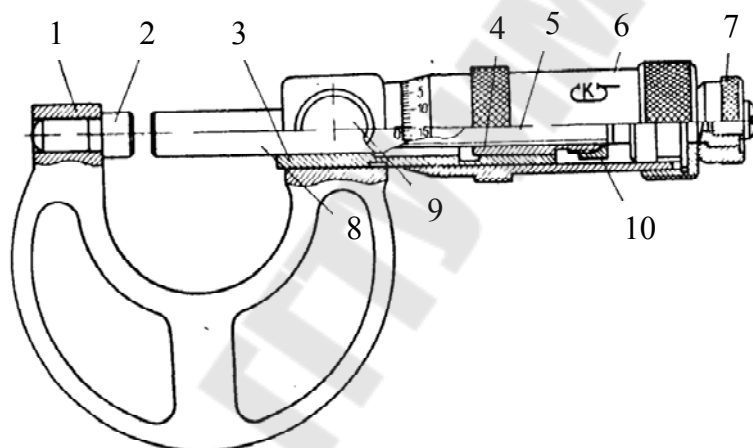
Рис. 11

Второе отсчетное устройство состоит из шкалы 1 с ценой деления 0,01 мм и числом делений 50, нанесённой на конусной поверхности барабана. Указателем для этой шкалы является продольный штрих 3, нанесённый на стебле 7.

**Микрометр.** Микрометры гладкие типа МК (рис. 12, а) предназначены для измерения наружных размеров изделий.



а)



б)

Рис. 12

Они выпускаются с различными диапазонами измерения, и в зависимости от вида конструкции им присваивается код.

Микрометр (рис. 12, б) состоит из скобы 1, снабженной с одной стороны неподвижной измерительной пяткой 2. С другой стороны в отверстие скобы запрессован стебель 3, в котором закреплена резьбовая гайка 4. Микровинт 5, перемещающейся в резьбе гайки, имеет направляющую для своей гладкой части в виде соосного с резьбой отверстия в стебле и снабжен на конце второй измерительной пяткой 8. Микровинт имеет посадочную поверхность для барабана 6 в виде цилиндрического пояса с буртиком.

Для обеспечения постоянного измерительного усилия микрометр снабжен специальным храповым механизмом или фрикционной муфтой 7. Фиксация измерительной пятки вместе с микровинтом может быть обеспечена с помощью винтового стопора 9. Конусная гайка 10, стягивающая цанговую часть микрогайки, позволяет периодически компенсировать износ резьбы.

**Микрометрический глубиномер.** Микрометрический глубиномер типа ГМ (рис. 13) предназначен для измерения глубины пазов и высоты выступов.



Рис.13

Глубиномер состоит из траверсы 1, стержня 2, барабана 3, фрикциона 4 и измерительного стержня 5.

Диапазон измерений обеспечивается набором сменных стержней 6 и установочными мерами 7.

**Микрометрический нутромер.** Микрометрический нутромер, также называемый штрихмассом (рис. 14), предназначен для измерения отверстий и внутренних размеров абсолютным методом.

Микрометрическая головка (рис. 14,а) нутромера состоит из стержня 1 и микрометрического винта 4, который соединяется с корпусом барабана 2 гайкой 3. Конец микровинта служит одним из измерительных наконечников.

Перемещение микровинта происходит за счет вращения его за накатное кольцо 5, а его фиксация в любом положении осуществляется стопором 6, вращающимся в корпусе гильзы 7. Второй конец гильзы соединен с измерительным наконечником 8 и имеет резьбу, на которую навинчивается предохранительная гайка 9. На эту же резьбу после свинчивания гайки навинчивается удлинитель 10 (рис. 14,б) с измерительным наконечником 11.

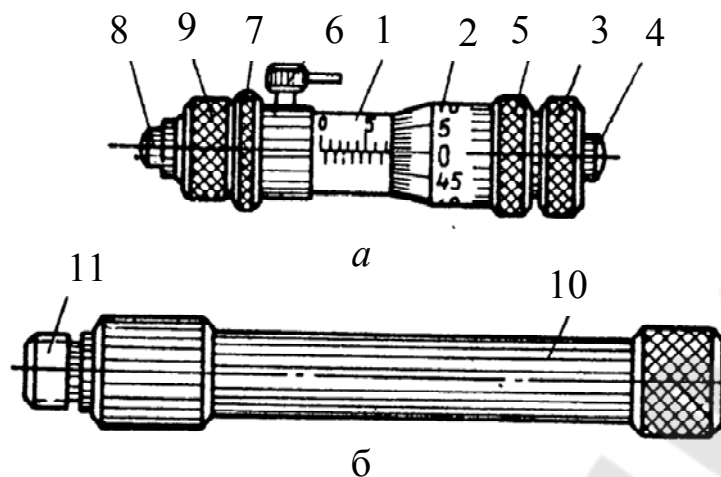


Рис.14

Нутромеры изготавливаются с верхним пределом измерений до 4000 мм и ценой деления 0,01 мм. Пределы измерения нутромера без удлинителей 50 ... 63 мм.

**Специализированные микрометры.** На базе микрометрической пары кроме обычных гладких микрометров выпускается ряд специализированных конструкций.

**Микрометр листовой типа МЛ** (рис. 15) предназначен для измерения толщины металлических листов и лент.

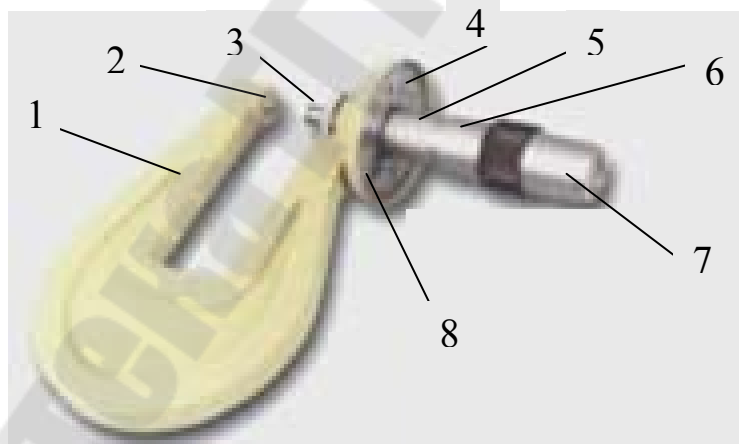


Рис. 15

Микрометр состоит из скобы 1, пятки со сферической измерительной поверхностью 2, микрометрического винта 3 с плоской измерительной поверхностью, циферблата 4, стрелки 8, стебля 5, барабана 6 и фрикциона 7.

По сравнению с гладким микрометром у скобы этого прибора увеличен вылет. Применение циферблатного устройства связано с невозможностью отсчета по шкале на барабане при контроле и измерении длинных листов.

**Микрометр трубный типа МТ** (рис. 16) используется для измерения толщины стенок труб, внутренний диаметр которых более 12 мм.

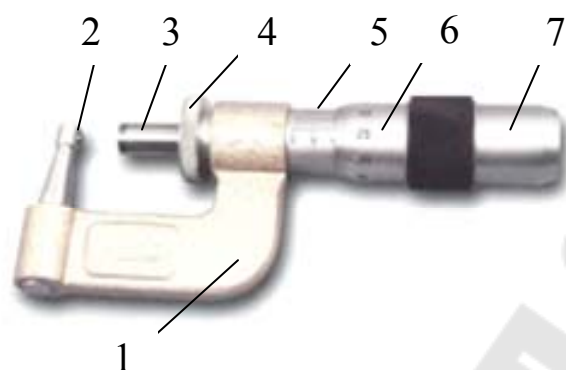


Рис. 16

Микрометр состоит из скобы 1, пятки со сферической измерительной поверхностью 2, микрометрического винта 3 с плоской измерительной поверхностью, стопорной гайки 4, стебля 5, барабана 6 и фрикциона 7.

**Микрометр зубомерный типа МЗ** (рис. 17) применяется для измерения длины общей нормали зубчатых колес с модулем от 1 мм.

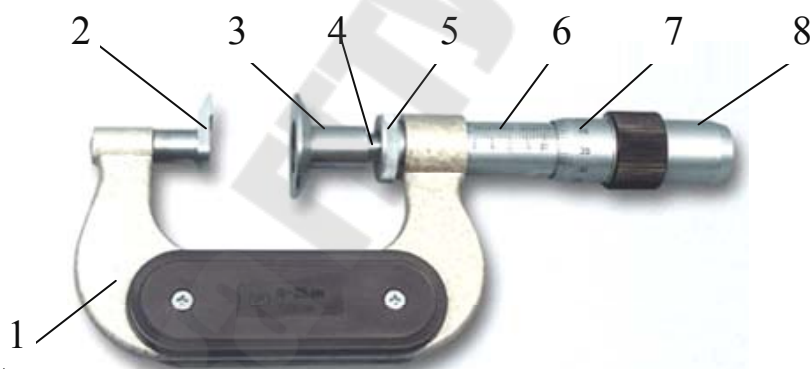


Рис. 17

Микрометр зубомерный состоит из скобы 1, измерительной пятки 2, микрометрического винта 4 с измерительной губкой 3, стопорной гайки 5, стебля 6, барабана 7 и фрикциона 8.

**Калибры.** Калибрами называются бесшкальные меры, которые предназначены для контроля размеров, формы и расположения поверхностей деталей.

Контроль калибрами имеет выше производительность, чем измерение действительных размеров деталей измерительными средствами. Однако проектирование и изготовление калибров экономически

выгодно в крупносерийном и массовом производстве. С помощью калибров ведется рассортировка деталей на годные и негодные (брак).

Калибры не определяют числовое значение контролируемого параметра, а лишь устанавливают входит ли элемент изделия в границы предельных размеров.

Калибрами называются бесшкальные инструменты, предназначенные для контроля размеров, формы и расположения поверхности контролируемой детали. Калибры бывают нормальные и предельные.

**Нормальные калибры.** Нормальный калибр это калибр, воспроизводящий заданный линейный или угловой размер и форму сопрягаемой с ним поверхности контролируемого элемента изделия, т.е. имеет одну проходную сторону. Эти калибры используются для контроля деталей со сложным профилем поверхности, например, для проверки шлицевого соединения (рис. 18).

О годности детали судят по величине зазора между ее контуром и нормальным калибром на равномерность просвета или под шуп. Пользование нормальными калибрами требует высокой квалификации и опыта контролера.

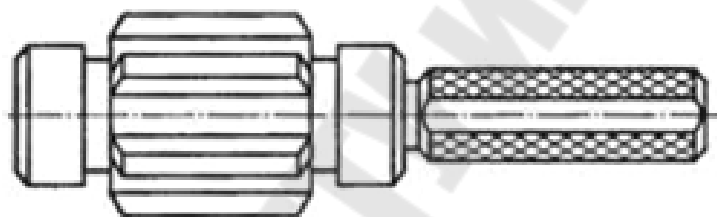


Рис.18

**Предельные калибры.** По назначению предельные калибры подразделяются на рабочие, приемные и контрольные калибры.

Рабочие калибры предназначены для контроля деталей в процессе их изготовления. Они маркируются: проходной Р-ПР и непроходной Р-НЕ.

Приемные калибры (проходной П-ПР и непроходной П-НЕ) применяются для приемки деталей представителем заказчика. В качестве приемных калибром используют изношенные калибры Р-ПР и новые Р-НЕ.

Контрольные калибры (К-И) используются для контроля износа проходных калибров-скоб. Контрольные калибры (проходной К-ПР и непроходной К-НЕ) применяют при изготовлении рабочих калибров-скоб невысокой точности, а также при настройке регулируемых калибров-скоб.

**Предельные калибры-скобы** позволяют установить, находится ли контролируемый размер вала в пределах допуска (рис. 19). Они применяются чаще всего для определения годности деталей с точностью 6 ... 17 квалитетов.

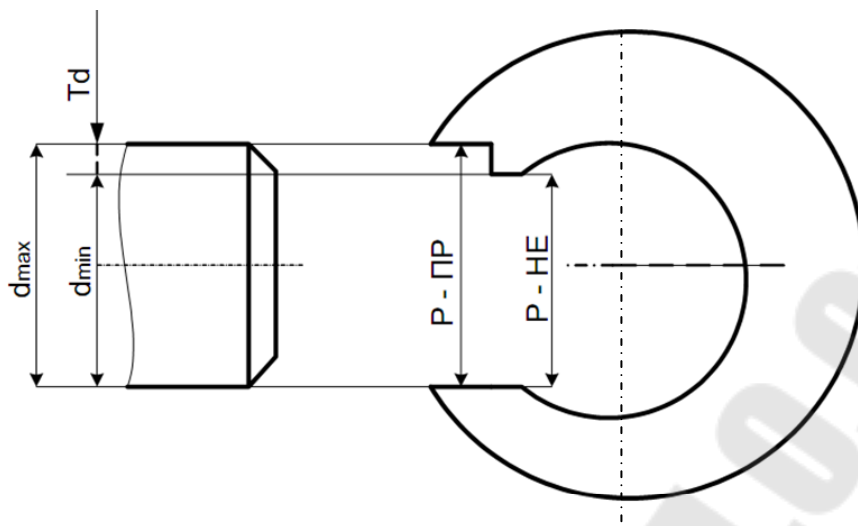


Рис. 19

Предельные калибры-скобы выпускаются нерегулируемые и регулируемые. Калибры-скобы нерегулируемые имеют различные конструкции. Их изготавливают односторонними (рис. 20,а) и двусторонними (рис. 20,б) из листового материала.

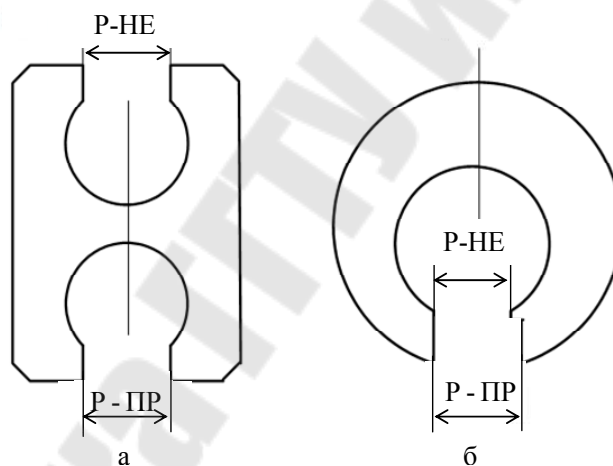


Рис. 20

Скобы из листового материала применяют для изменения валов диаметром от 1 до 500 мм.

Для контроля валов от 3 до 100 мм применяют скобы, полученные путем штамповки из заготовок (рис. 21)



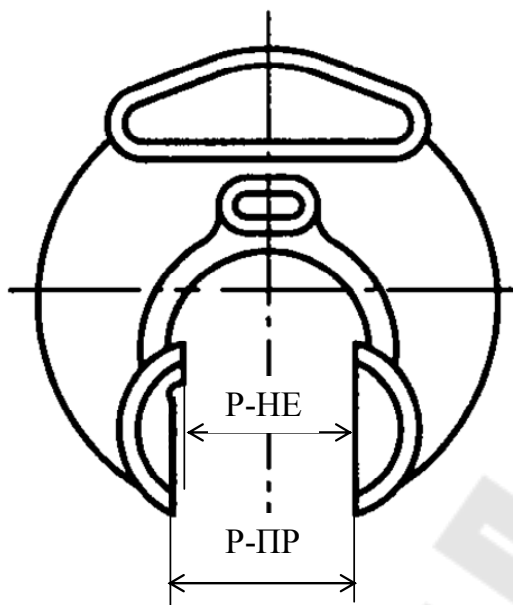


Рис. 21

Штампованные скобы в большинстве случаев изготавливают односторонними. По сравнению со скобами из листовых заготовок они обладают повышенной жесткостью и более широкой измерительной рабочей поверхностью, что повышает их долговечность.

Регулируемые калибры-скобы (рис. 22) позволяют компенсировать износ и могут настраиваться на разные размеры, относящиеся к определенным интервалам. Однако по сравнению с нерегулируемыми скобами они имеют меньшую точность и надежность и обычно применяются для контроля размеров с допусками не точнее 8 квалитета точности.

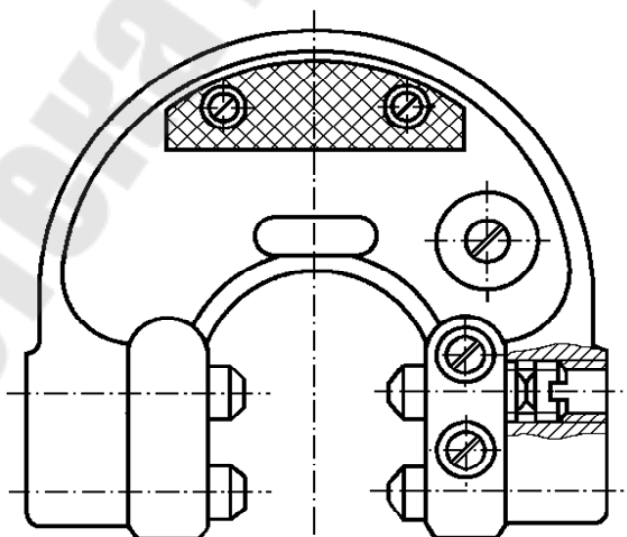


Рис.22

**Предельные калибры-пробки** предназначены для контроля отверстий (рис. 23).



Рис. 23

Один из калибров – проходной (ПР) выполняют по диаметру, близкому к наименьшему предельному размеру контролируемого отверстия  $D_{\min}$ . Второй калибр – непроходной (НЕ) имеет диаметр, близкий к наибольшему предельному размеру отверстия  $D_{\max}$ .

Заключение о годности детали делают на основании того, если калибр-пробка ПР под действием собственной силы тяжести или усилия, близкого к ней, проходит, а калибр-пробка НЕ не проходит в контролируемое отверстие.

### 3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с видами измерений деталей.
2. Изучить назначение и конструкцию инструментов для измерения линейных размеров.
3. Изучить назначение и конструкцию инструментов для контроля линейных размеров.

### 4. Структура отчета

- 1) наименование и цель работы;
- 2) классификация методов измерения;
- 3) назначение и конструкция концевых мер;
- 4) назначение и конструкция штангенинструментов;
- 5) назначения и конструкция микрометрических инструментов;
- 6) назначение и конструкция калибров;
- 7) выводы.

## 5. Контрольные вопросы

1. В чем отличие прямого измерения от косвенного измерения?
2. Для чего предназначены плоскопараллельные концевые меры длины?
3. Какую длину может иметь шкала нониуса?
4. Какие типы штангенциркуля существуют?
5. Для чего применяется штангенрейсмас?
6. Чем отличается штангенглубомер от штангенциркуля?
7. В чем особенность конструкция штангензубомера?
8. Какие микрометрические инструменты общего назначения выпускается в промышленности.
9. Как устроено отсчетное устройство микрометрических инструментов?
10. Какую конструкцию имеет микрометр?
11. Какие виды специальных микрометров выпускается в промышленности?
12. Что такое калибр?
13. В чем отличие нормального калибра от предельного?
14. Какие преимущество имеют регулируемые скобы по сравнению с обычными?

## Лабораторная работа № 2

# КОНТРОЛЬ КАЛИБРА – СКОБЫ С ПОМОЩЬЮ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОНЦЕВЫХ МЕР ДЛИНЫ

### 1. Цель работы

1. Ознакомление с конструкцией, назначением и классификацией калибров – скоб;
2. Приобретение навыков использования концевых мер для их контроля.

### 2. Общие сведения о калибрах

Калибрами называются бесшкальные инструменты, предназначенные для контроля размеров, формы и расположения поверхности контролируемой детали. Калибры бывают нормальные и предельные.

**Нормальные калибры.** Нормальный калибр это калибр, воспроизводящий заданный линейный или угловой размер и форму сопрягаемой с ним поверхности контролируемого элемента изделия, т.е. имеет одну проходную сторону. Эти калибры используются для контроля деталей со сложным профилем поверхности, например, для проверки шлицевого соединения (рис. 1).

О годности детали судят по величине зазора между ее контуром и нормальным калибром на равномерность просвета или под шуп. Пользование нормальными калибрами требует высокой квалификации и опыта контролера.

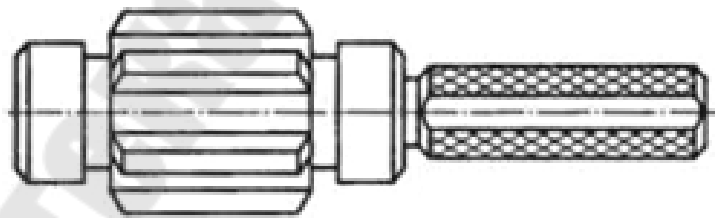


Рис. 1

**Предельные калибры.** По назначению предельные калибры подразделяются на рабочие, приемные и контрольные калибры.

Рабочие калибры предназначены для контроля деталей в процессе их изготовления. Они маркируются: проходной Р-ПР и непроходной Р-НЕ.

Приемные калибры (проходной П-ПР и непроходной П-НЕ) применяются для приемки деталей представителем заказчика. В качестве приемных калибром используют изношенные калибры Р-ПР и новые Р-НЕ.

Контрольные калибры (К-И) используются для контроля износа проходных калибров-скоб. Контрольные калибры (проходной К-ПР и непроходной К-НЕ) применяют при изготовлении рабочих калибров-скоб невысокой точности, а также при настройке регулируемых калибров-скоб.

**Предельные калибры-скобы** позволяют установить, находится ли контролируемый размер вала в пределах допуска (рис. 2). Они применяются чаще всего для определения годности деталей с точностью 6 ... 17 квалитетов.

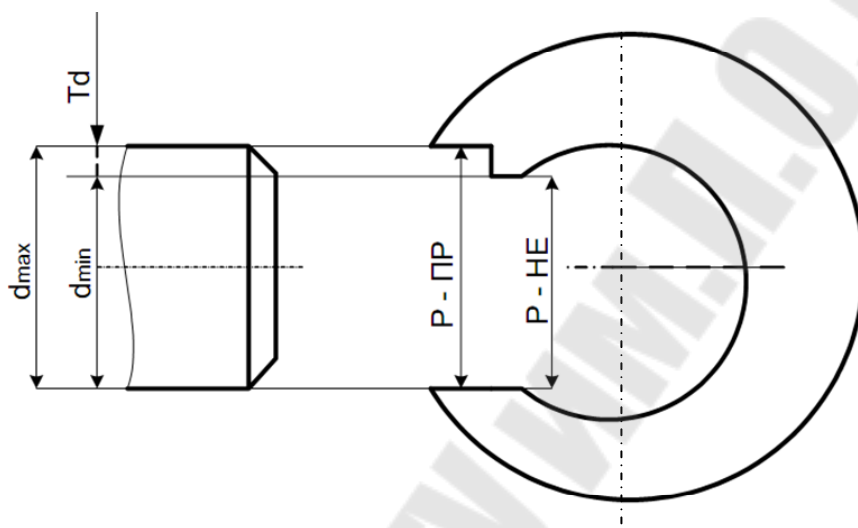


Рис. 2

Калибры скобы имеют различные конструкции. Их изготавливают односторонними (рис. 3,а) и двусторонними (рис. 3,б) из листового материала.

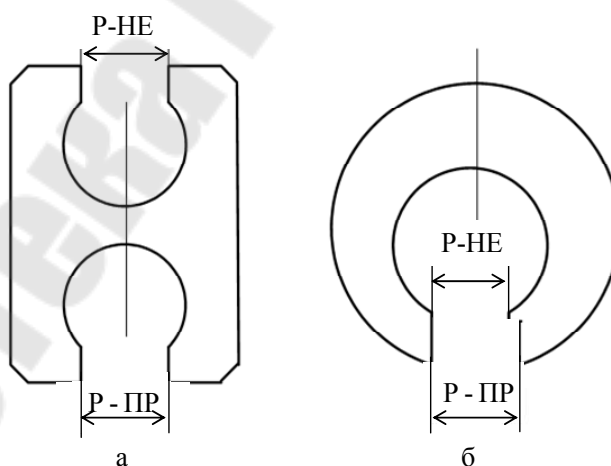


Рис. 3

Скобы из листового материала применяют для изменения валов диаметром от 1 до 500 мм.

Для контроля валов от 3 до 100 мм применяют скобы, полученные путем штамповки из заготовок (рис. 4)

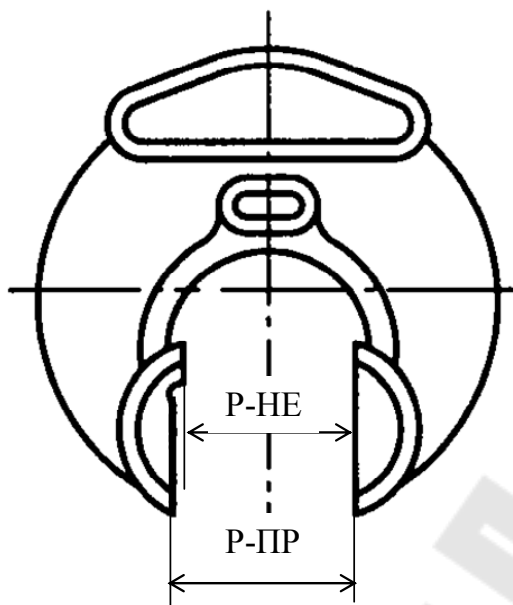


Рис. 4

Штампованные скобы в большинстве случаев изготавливают односторонними. По сравнению со скобами из листовых заготовок они обладают повышенной жесткостью и более широкой измерительной рабочей поверхностью, что повышает их долговечность.

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

**Допуски калибров-скоб.** Допуски и отклонения рабочих и контрольных калибров-скоб принимают по таблицам стандарта ГОСТ 24853-81 (табл. 4). В соответствии этого ГОСТа допуски и отклонения обозначаются следующим образом.

Н1 – допуск на изготовление рабочих калибров скоб;

НР – допуск на изготовление контрольных калибров скоб;

Z1 – координата середины поля допуска рабочего проходного калибра-скобы;

У1 – граница износа рабочего проходного калибра-скобы;

$\alpha 1$  – при размерах свыше 180 мм является границей износа Р-ПР и координатной серединой поля допуска Р-НЕ калибров скоб.

Поля допусков калибров-скоб располагаются относительно их номинальных размеров как показано на рис. 5.

За номинальный размер рабочей проходной скобы принимают наибольший предельный размер контролируемого вала  $d_{\max}$ , а за но-

минальный размер рабочей непроходной скобы принимают наименьший предельный размер контролируемого вала  $d_{\min}$  (рис. 2).

Износ проходных калибров ограничивается размером предельного износа, задаваемого посредством координаты  $Z_1$  для калибр – скоб (рис. 5). На схеме расположения полей допусков калибров показывают величину поля допуска на износ, соответствующую средней величине износа калибра, когда размер нового калибра определяется серединой поля допуска на неточность его изготовления, как наиболее вероятный.

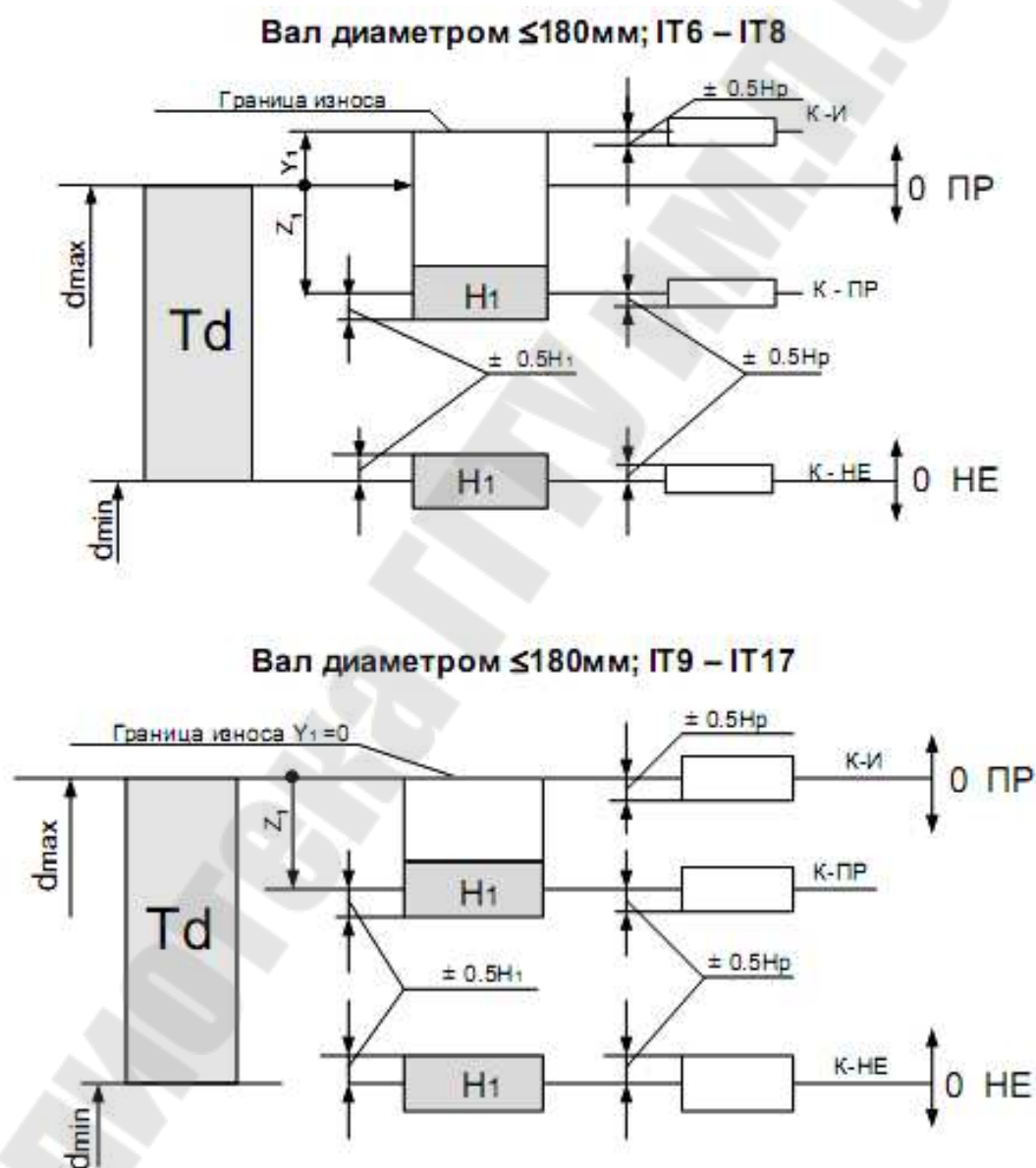


Рис. 5

Для контрольных калибров устанавливают только допуск на неточность изготовления  $H_1$ . Допуск на износ не устанавливают, т. к.

они изнашиваются значительно меньше, чем рабочие проходные калибры. Величины допусков контрольных калибров также зависят от качества точности контролируемой детали.

Исполнительные размеры калибров должны определяться по формулам, указанным в таблице 1.

Таблица 1. Формулы для определения исполнительных размеров калибров-скоб.

Калибр-скоба		Номинальный размер изделия до 180 мм			
		Рабочий калибр		Контрольный калибр	
		Размер	Допуск	Размер	Допуск
Для вала	Проходная сторона новая	$d_{\max} - Z_1$	$\pm \frac{H_1}{2}$	$d_{\max} - Z_1$	$\pm \frac{H_P}{2}$
	Проходная сторона изношенная	$d_{\max} + Y_1$	-	$d_{\max} + Y_1$	$\pm \frac{H_P}{2}$
	Непроходная сторона	$d_{\min}$	$\pm \frac{H_1}{2}$	$d_{\min}$	$\pm \frac{H_P}{2}$

**Проверка калибра-скобы.** Проверку скобы можно осуществить с помощью плоскопараллельных концевых мер длины.

Для проверки рабочей проходной скобы:

1) набирается блок концевых мер размером, равным среднему размеру контрольного калибра К-ПР =  $d_{\text{ном.}} + es - Z_1$ . Этот блок должен входить в проходную скобу;

2) набирается блок концевых мер размером, равным среднему размеру контрольного калибра К-И =  $d_{\text{ном.}} + es + Y_1$ . Этот блок концевых мер не должен входить в скобу, в противном случае скоба является изношенной.

Для проверки рабочей непроходной скобы набирается блок концевых мер размером, равным среднему размеру контрольного калибра К-НЕ =  $d_{\text{ном.}} + ei$ . Этот блок должен входить в непроходную скобу плотно. В этом случае скоба является годной. Если же блок концевых мер входит очень свободно, то скоба является негодной к эксплуатации.



### 3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с основными понятиями о калибрах и их допусках.
2. Установить предельные размеры вала, для контроля которого предназначен калибр.
3. Построить схему расположения полей допусков вала, рабочих и контрольных калибров для заданного калибра – скобы.
4. Рассчитать предельные и исполнительные размеры рабочих и контрольных калибров.
5. Подобрать расчетом концевые меры для составления блока на средний размер калибра К – ПР, составить блок и проверить им проходную сторону скобы. Блок должен входить в скобу.
6. Подобрать расчетом концевые меры для составления блока на средний размер калибра К – И, составить блок и проверить им проходную сторону скобы. Блок не должен входить в скобу.
7. Подобрать расчетом концевые меры для составления блока на средний размер калибра К – НЕ, составить блок и проверить им непроходную сторону скобы. Блок должен входить в скобу плотно, без люфта и покачивания.
8. Сделать заключение о годности каждой стороны скобы.
9. Рассчитать исполнительные размеры калибра-скобы.
10. Сделать эскиз калибра, указать его маркировку и исполнительные размеры.

### 4. Структура отчета

- 1) наименование и цель работы;
- 2) наименование и метрологическая характеристика измерительного средства;
- 3) схема расположения полей допусков калибров;
- 4) размеры калибров (табл. 2);
- 5) результаты проверки заданного калибра – скобы (табл. 3);
- 6) эскиз калибра с указанием маркировки и исполнительных размеров (рис. 6);
- 7) выводы.

Таблица 2. – Размеры калибров.

Наименование калибров	Номинальный размер, мм	Предельные отклонения, мкм		Предельные размеры, мкм		Средний размер, мм	Размер блока, мм
		верхн.	нижн.	наиб	наим.		
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ПР</b>						-	-
К – ПР		-	-	-	-		
К – И		-	-	-	-		
НЕ						-	-
К – НЕ		-	-	-	-		

Таблица 3. – Результаты проверки калибра – скобы.

Проверяемый калибр	Контрольный калибр	Требуемая проходимость.	Наблюдаемая проходимость	Заключение о годности
<b>ПР</b>	<b>К – ПР</b>			
	К – И			
НЕ	К – НЕ			

## 5. Контрольные вопросы

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

Таблица 4. – Допуски и отклонения калибров, в мкм

Квалитеты допусков изделий	Обозначения	Интервалы размеров, мм												Допуск на форму калибра	
		до 3	свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	свыше 10 до 18	свыше 18 до 30	свыше 30 до 50	свыше 50 до 80	свыше 80 до 120	свыше 120 до 180	свыше 180 до 250	свыше 250 до 315	свыше 315 до 400		свыше 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	
	$\alpha, \alpha_1$	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	2	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>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
H <sub>0</sub>	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	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	
	$\alpha, \alpha_1$	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>0</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	
	$\alpha, \alpha_1$	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 <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	H <sub>s</sub> , H <sub>0</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
9	Z, Z <sub>1</sub>	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32	
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$\alpha, \alpha_1$	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 <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	H <sub>s</sub> , H <sub>0</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
10	Z, Z <sub>1</sub>	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37	
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$\alpha, \alpha_1$	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 <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	H <sub>s</sub> , H <sub>0</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
11	Z, Z <sub>1</sub>	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55	
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	15	20	
	H, H <sub>1</sub>	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	IT4
	H <sub>s</sub>	-	-	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3
	H <sub>0</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1

Окончание таблицы 4

Квалитеты допусков изделий	Обозначения	Интервалы размеров, мм													Допуск на форму калибра	
		до 3	свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	свыше 10 до 18	свыше 18 до 30	свыше 30 до 50	свыше 50 до 80	свыше 80 до 120	свыше 120 до 180	свыше 180 до 250	свыше 250 до 315	свыше 315 до 400	свыше 400 до 500		
12	Z, Z <sub>1</sub>	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45	50	65	70		
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	20	30	35	
	H, H <sub>1</sub>	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	IT4	
	H <sub>s</sub>	-	-	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	IT3	
	H <sub>p</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1	
13	Z, Z <sub>1</sub>	20	24	28	32	36	42	48	54	60	80	90	100	110		
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	35	45	55		
	H, H <sub>1</sub>	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	IT5	
	H <sub>s</sub>	-	-	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	IT5	
	H <sub>p</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2	
14"	Z, Z <sub>1</sub>	20	24	28	32	36	42	48	54	60	100	110	125	145		
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	55	70	90		
	H, H <sub>1</sub>	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	IT5	
	H <sub>s</sub>	-	-	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	IT5	
	H <sub>p</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2	
15"	Z, Z <sub>1</sub>	40	48	56	64	72	80	90	100	110	170	190	210	240		
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	90	110	140		
	H, H <sub>1</sub>	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	IT5	
	H <sub>s</sub>	-	-	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	IT5	
	H <sub>p</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2	
16" 17	Z, Z <sub>1</sub>	40	48	56	64	72	80	90	100	110	210	240	280	320		
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	140	180	220		
	H, H <sub>1</sub>	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	IT5	
	H <sub>s</sub>	-	-	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	IT5	
	H <sub>p</sub>	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2	

## Лабораторная работа №3

### ОЦЕНКА ГОДНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПОМОЩИ РЕГУЛИРУЕМОЙ СКОБЫ

#### 1. Цель работы

1. Ознакомление с устройством регулируемых скоб.
2. Ознакомление с назначением и разновидностью концевых мер длины.
3. Изучение методики и приобретение навыков в настройки регулируемой скобы на заданный размер.
4. Научиться давать грамотное заключение о годности детали с учетом исправимого и неисправимого брака.

#### 2. Общие сведения

**Плоскопараллельные концевые меры длины.** Плоскопараллельные концевые меры длины ГОСТ 9038-90 (рис. 1) предназначены для использования в качестве рабочих мер для регулировки и настройки показывающих измерительных приборов, непосредственного измерения линейных размеров изделий, а также для поверки и градуировки измерительных приборов.



Рис. 1

Концевая мера длины представляет собой пластину из закаленной стали или твердого сплава, имеющую форму прямоугольного параллелепипеда с двумя плоскими измерительными поверхностями. Измерительные поверхности довольно точно обрабатываются путем шлифования и доводки.

На каждой концевой мере нанесено значение ее номинальной длины. На мерах с размерами до 5,5 мм номинальный размер наносится на одной из измерительных поверхностей, а на мерах с размерами свыше 5,5 мм – на боковой поверхности.

Концевые меры выпускают наборами. Различают 21 набор концевых мер. Наибольшее распространение имеют наборы №1 из 83 мер и №2 из 43 мер.

Характерной особенностью концевых мер длины является их притираемость измерительными поверхностями при их надвигании друг на друга, при этом они прочно сцепляются между собой. Эта особенность концевых мер позволяет собирать блоки разных размеров из минимального числа концевых мер с дискретностью 1 мкм.

При составлении блока из концевых мер следует руководствоваться следующим правилом: сначала набирается мера с третьим десятичным знаком, потом со вторым, затем с первым десятичным знаком, после чего набирается остальной размер.

Собранный блок с целью уменьшения износа и повышение точности измерения должен состоять из возможно меньшего числа концевых мер (не более 5), для этого его предварительно необходимо рассчитать.

**Регулируемая скоба.** Регулируемые скобы (рис. 2) применяются в промышленности для контроля размеров до 330 мм. В определенном диапазоне размеров регулируемые скобы можно устанавливать на разные размеры, что позволяет компенсировать износ и использовать скобу для контроля разных деталей.

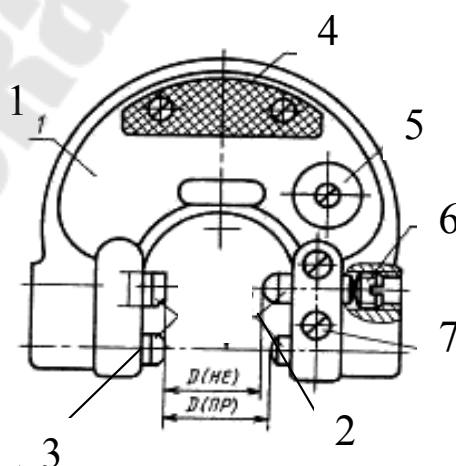


Рис. 2

Корпус таких скоб должен быть жестким, поэтому он имеет двутавровое сечение, а для его облегчения при контроле размеров свыше 105 мм имеются отверстия. Регулируемая скоба имеет теплоизоляционную накладку 4 и маркировочную шайбу 5.

Установку скоб на требуемый размер осуществляют перемещением вставки 2 в сторону уменьшения размера с помощью регулировочного винта 6. Для обратного перемещения винт 6 отворачивают и сдвигают вставку, нажимая на нее со стороны головки. Свободное перемещение вставок возможно лишь при отпущенных винтах 7 узла зажима вставки, которые освобождают клиновые затяжные элементы.

**Допуски калибров-скоб.** Допуски и отклонения рабочих и контрольных калибров-скоб принимают по таблицам стандарта ГОСТ 24853-81 (табл. 2).

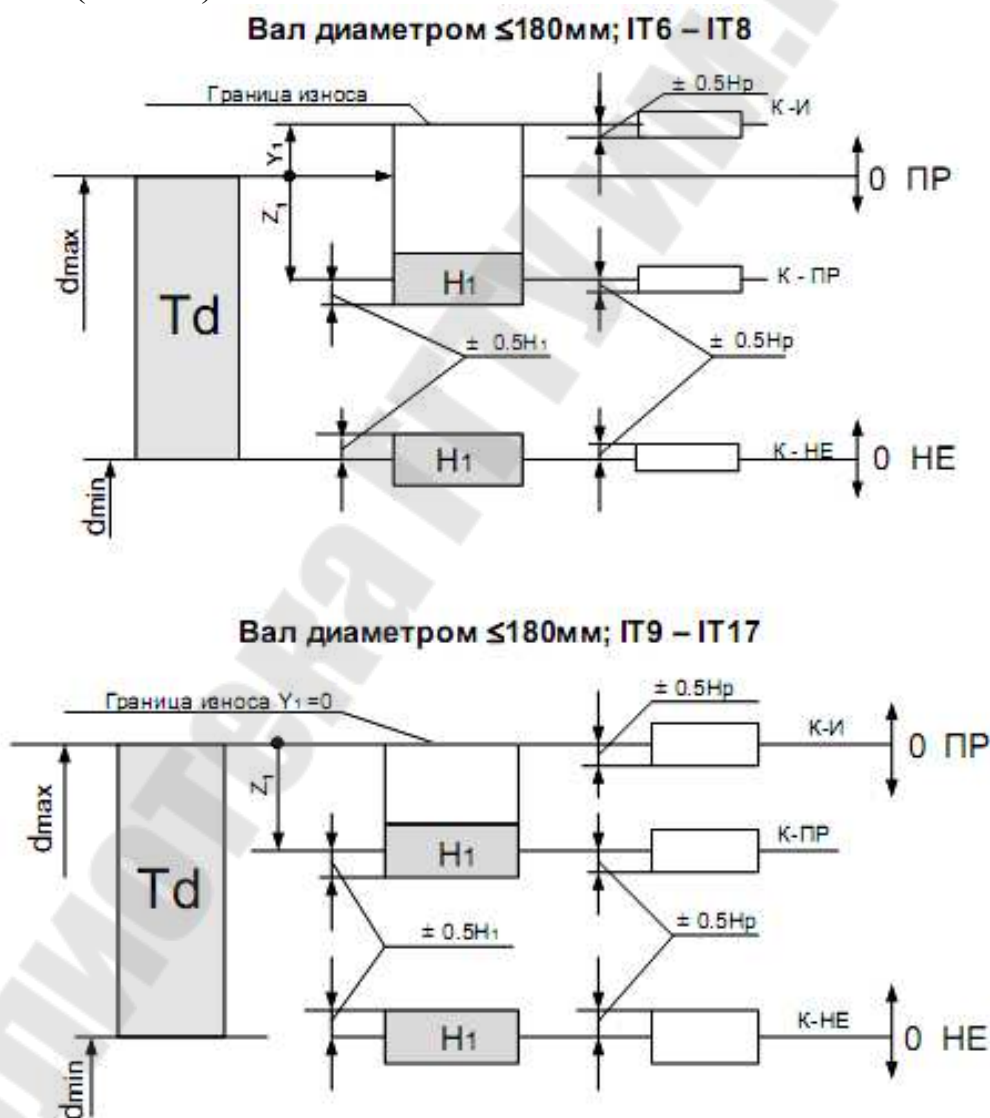


Рис. 3

В соответствии этого ГОСТа допуски и отклонения обозначаются следующим образом.

$H_1$  – допуск на изготовление рабочих калибров скоб;

$H_P$  – допуск на изготовление контрольных калибров скоб;

$Z_1$  – координата середины поля допуска рабочего проходного калибра-скобы;

$Y_1$  – граница износа рабочего проходного калибра-скобы;

$\alpha_1$  – при размерах свыше 180 мм является границей износа Р-ПР и координатной серединой поля допуска Р-НЕ калибров скоб.

Поля допусков калибров-скоб располагаются относительно их номинальных размеров как показано на рис. 3.

За номинальный размер рабочей проходной скобы принимают наибольший предельный размер контролируемого вала  $d_{\max}$ , а за номинальный размер рабочей непроходной скобы принимают наименьший предельный размер контролируемого вала  $d_{\min}$ .

Износ проходных калибров ограничивается размером предельного износа, задаваемого посредством координаты  $Z_1$  для калибров-скоб (рис. 3). На схеме расположения полей допусков калибров показывают величину поля допуска на износ, соответствующую средней величине износа калибра, когда размер нового калибра определяется серединой поля допуска на неточность его изготовления, как наиболее вероятный.

Таблица 1. Формулы для определения исполнительных размеров калибров-скоб.

Калибр-скоба		Номинальный размер изделия до 180 мм			
		Рабочий калибр		Контрольный калибр	
		Размер	Допуск	Размер	Допуск
Для вала	Проходная сторона новая	$d_{\max} - Z_1$	$\pm \frac{H_1}{2}$	$d_{\max} - Z_1$	$\pm \frac{H_P}{2}$
	Проходная сторона изношенная	$d_{\max} + Y_1$	-	$d_{\max} + Y_1$	$\pm \frac{H_P}{2}$
	Непроходная сторона	$d_{\min}$	$\pm \frac{H_1}{2}$	$d_{\min}$	$\pm \frac{H_P}{2}$



Для контрольных калибров устанавливают только допуск на неточность изготовления  $H_1$ . Допуск на износ не устанавливают, т. к. они изнашиваются значительно меньше, чем рабочие проходные калибры.

Исполнительные размеры калибров должны определяться по формулам, указанным в таблице 1.

Величины допусков контрольных калибров также зависят от качества точности контролируемой детали (табл. 2).

Таблица 2. – Допуски и отклонения калибров, в мкм

Качества допусков изделий	Обозначения	Интервалы размеров, мм													Допуск на форму калибра
		до 3	свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	свыше 10 до 18	свыше 18 до 30	свыше 30 до 50	свыше 50 до 80	свыше 80 до 120	свыше 120 до 180	свыше 180 до 250	свыше 250 до 315	свыше 315 до 400	свыше 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	
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5	
	$Z_1$	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	
	$Y_1$	1,5	1,5	1,5	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	
	$H, H_s$	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
	$H_1$	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
$H_p$	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	IT1	
7	Z, $Z_1$	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	
	Y, $Y_1$	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9	
	$\alpha, \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7	
	$H, H_1$	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	IT2
	$H_s$	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
	$H_p$	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	IT1
8	Z, $Z_1$	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18	
	Y, $Y_1$	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11	
	$\alpha, \alpha_1$	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

Продолжение таблицы 2

Квалитеты допусков изделий	Обозначения	Интервалы размеров, мм													Допуск на форму калибра
		до 3	свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	свыше 10 до 18	свыше 18 до 30	свыше 30 до 50	свыше 50 до 80	свыше 80 до 120	свыше 120 до 180	свыше 180 до 250	свыше 250 до 315	свыше 315 до 400	свыше 400 до 500	
9	Z, Z <sub>1</sub>	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32	
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	/T2
	H <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	/T3
	H <sub>s</sub> , H <sub>o</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	/T1
10	Z, Z <sub>1</sub>	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37	
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α <sub>1</sub>	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	/T2
	H <sub>1</sub>	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	/T3
	H <sub>s</sub> , H <sub>o</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	/T1
11	Z, Z <sub>1</sub>	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55	
	Y, Y <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α, α <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	15	20	
	H, H <sub>1</sub>	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	/T4
	H <sub>s</sub>	-	-	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	/T3
	H <sub>o</sub>	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	/T1

### 3. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с основными понятиями о концевых мерах и методах набора блока.
2. Изучить конструкцию регулируемой скобы и способ ее настройки на заданный размер.
3. Для заданного размера вала построить схему расположения полей допусков на вал, рабочие калибры ПР и НЕ и контрольные калибры К-ПР, К-НЕ и К-И.
4. Рассчитать предельные и исполнительные размеры рабочих и контрольных калибров.
5. Рассчитать значения размеров блоков плиток, соответствующих средним размерам рабочих калибров ПР<sub>ср</sub> и НЕ<sub>ср</sub>. Полученные

значения округлить до наибольшего числа десятичных знаков, имеющих в наборе плиток.

6. Рассчитать блок плиток на округленные размеры ПРср и НЕср.

7. Подобрать необходимые концевые меры из набора и составить блок.

8. По собранному блоку НЕ установить внутренние губки, а по собранному блоку ПР – наружные губки скобы.

#### 4. Структура отчета

- 1) название и цель работы;
- 2) обозначение поля допуска вала;
- 3) предельные отклонения вала, допуски и отклонения калибров;

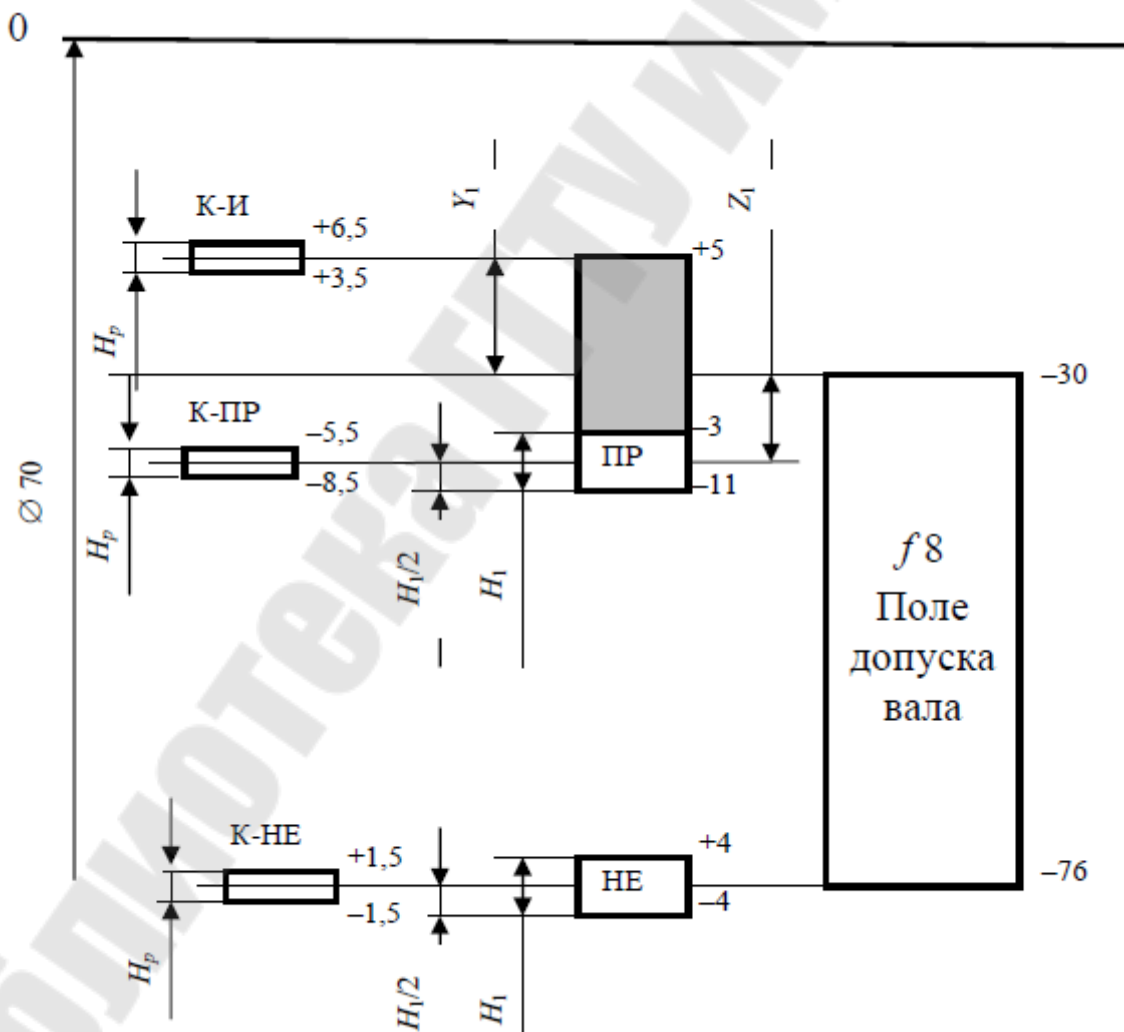


Рис. 4

4) схема расположения полей допуска вала и калибров (в качестве примера схема расположения полей допуска вала и калибров приведена на рис. 4 для вала  $\varnothing 70 f 8 \begin{pmatrix} -0,030 \\ -0,076 \end{pmatrix}$ ). В этом случае  $H_1 = 8$  мкм;  $Z_1 = 7$  мкм;  $Y_1 = 5$  мкм и  $H_p = 3$  мкм);

5) округленные размеры ПР и НЕ и расчет блока плиток для настройки регулируемой скобы;

6) эскиз регулируемой скобы;

7) выводы.

### 5. Контрольные вопросы

1. Что собой представляет концевая мера?
2. Где проставляется номинальный размер концевой меры?
3. Чего можно достичь с помощью регулируемой скобы?
4. Как осуществляют регулировку скобы на заданный размер?
5. Как собирается требуемый размер блока из концевых мер?

## Лабораторная работа № 4

### ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ЗУБА ШЕСТЕРНИ ПО ПОСТОЯННОЙ ХОРДЕ ШТАНГЕНЗУБОМЕРОМ

#### 1. Цель работы

1. Изучить устройство штангензубомера;
2. Получить практические навыки измерения толщины зуба цилиндрических зубчатых колес;
3. Научиться пользоваться таблицами допусков на цилиндрические зубчатые колеса.

#### 2. Общие сведения

**Описание измерительного прибора.** Штангензубомер (рис. 1) предназначен для измерения расстояния между разноименными боковыми поверхностями зуба цилиндрических прямозубых и косозубых колес внешнего зацепления по постоянной хорде или по хорде делительной окружности.

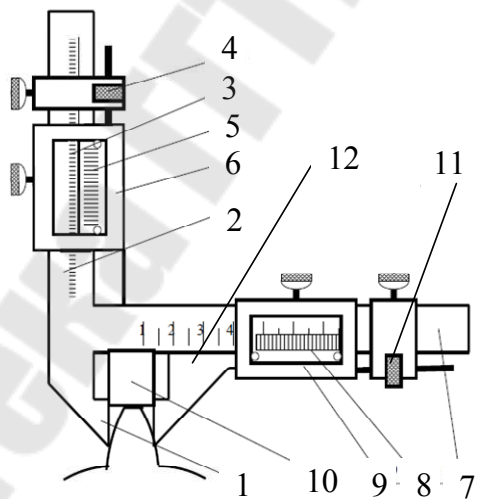


Рис. 1

Штангензубомеры выпускаются двух типов:

- 1) для измерения зубчатых колес с модулями от 1 мм до 18 мм;
- 2) для измерения зубчатых колес с модулями от 5 мм до 35 мм.

Штангензубомер представляет собой угольник 2 с двумя линейками – горизонтальной 7 и вертикальной 3. На вертикальной линейке имеется измерительная губка 1 и движок 6 с микрометрическим вин-

том 4, при помощи которого упор 10 устанавливается на требуемую высоту  $h_c$  по шкале и нониусу 5.

По горизонтальной линейке передвигается движок 9 с измерительной губкой 12 и нониусом 8. Движок снабжен микрометрическим винтом 11 для точной установки измерительной губки.

Штангензубомеры выпускаются с пределами измерения по модулю  $1\text{ мм} \leq m \leq 18\text{ мм}$  и  $5\text{ мм} \leq m \leq 35\text{ мм}$ .

Предельная погрешность определения толщины зуба составляет  $\pm (50 + 1,5 \cdot 10^{-2} mz)$  мкм.

**Расчетные величины для замера толщины зуба.** При измерении по постоянной хорде базой для измерения служит окружность выступов.

Высота головки зуба  $\bar{h}_c$  постоянной хорды определяется по зависимости:

$$\bar{h}_c = h - \frac{\pi \cdot \sin 2\alpha}{8} \cdot m \pm x \cdot m \cdot \sin^2 \alpha,$$

где  $h$  – высота головки зуба;

$\alpha$  – угол исходного контура;

$x$  – коэффициент смещения исходного контура;

$m$  – расчетный модуль зубчатого колеса.

Модуль зубчатого колеса определяется по выражению

$$m = \frac{d_a}{z + 2},$$

где  $d_a$  – диаметр окружности вершин зубьев;

$z$  – число зубьев колеса.

Для нулевого зубчатого колеса  $h = m$ ;  $\alpha = 20^\circ$ , тогда  $\bar{h}_c = 0,7476 \cdot m$  мм.

**Замер толщины зуба.** Высотная линейка штангензубомера устанавливается по нониусу на расчетную величину  $\bar{h}_c$ . Торцы высотной линейки совмещают с головкой зуба и перемещают губки таким образом, чтобы не было просвета по профилю зуба. Фактическая толщина зуба по постоянной хорде  $\bar{s}_c$  определяется по нониусу горизонтальной шкалы.

Расчетное значение толщины зуба по постоянной хорде определяется по формуле:

$$\bar{s}_c = m \left( \frac{\pi}{2} \cos^2 \alpha \pm x \sin 2\alpha \right).$$

Для нулевого зубчатого колеса  $\bar{s}_c = 1,387 \cdot m$  мм.

### 3. Порядок выполнения работы

1. Измерить штангенциркулем диаметр окружности выступов  $d_a$  и, сосчитав число зубьев колеса  $z$ , определить модуль зубчатого колеса.
2. Рассчитать измерительную высоту головки зуба  $\bar{h}_c$  и настроить опорную планку штангензубомера на полученный размер.
3. Наложить штангензубомер опорной планкой на окружность выступов колеса и измерить толщину зуба и результат занести в таблицу.
4. Рассчитать толщину зуба  $\bar{s}_c$  по постоянной хорде и результат занести в таблицу 1.
5. Определить наименьшее дополнительное смещение исходного контура  $E_{Hs}$  и наименьшее отклонение толщины зуба  $E_{Cs}$  а зависимости от сопряжения и точности по табл. 2.
6. Определить допуск на смещение исходного контура  $T_H$  и толщины зуба  $T_C$  по табл. 3.
7. Определить наибольшее и наименьшее отклонение толщины зуба.
8. Дать заключение о годности зубчатого колеса.

### 4. Структура отчета

1. Наименование и цель работы
2. Краткое описание измерительного прибора.
3. Метрологическая характеристика измерительного прибора.
4. Эскиз детали и схема измерения.
5. Результаты вычислений и измерений (табл. 1).
6. Описание определения годности измеряемой детали
7. Вывод.

## 5. Контрольные вопросы

1. Какую погрешность определяют с помощью штангензубомера?
2. Как осуществляется замер толщины зуба по постоянной хорде?
3. Как определяется высота головки зуба постоянной хорды?
4. Как определяется годность зубчатого колеса?

Таблица 1. – Расчетные и измеренные величины

Схема полей допуска	
Расчетные размеры	$\bar{s}_c =$ ; $\bar{h}_c =$
Измеренные размеры и отклонения	$\bar{s}_{c1} =$ ; $\Delta \bar{s}_{c1} =$ $\bar{s}_{c2} =$ ; $\Delta \bar{s}_{c2} =$ $\bar{s}_{c3} =$ ; $\Delta \bar{s}_{c3} =$
Допустимые отклонения	$\Delta_H \bar{s}_c =$ $\Delta_B \bar{s}_c =$
Заключение о годности	



Таблица 2. – Наименьшее дополнительное наименьшее смещение исходного контура  $E_{H_s}$  и наименьшее отклонение толщины зуба  $E_{C_s}$  для зубчатых колес с наружными зубьями, в микрометрах

Вид сопряжения	Степени точности по нормам плавности	Диаметр делительной окружности, мм							
		до 80		св 80 до 125		св 125 до 180		св 180 до 250	
		$-E_{H_s}$	$-E_{C_s}$	$-E_{H_s}$	$-E_{C_s}$	$-E_{H_s}$	$-E_{C_s}$	$-E_{H_s}$	$-E_{C_s}$
H	3-6	12	9	14	10	16	12	18	14
	7	14	10	16	12	18	14	20	14
E	3-6	30	22	35	25	40	30	46	35
	7	35	25	40	30	45	45	50	35
D	3-6	46	35	54	40	63	45	72	55
	7	50	35	660	45	70	50	80	60
	8	55	40	70	50	80	60	90	70
C	3-6	74	55	87	60	100	70	115	80
	7	80	60	100	70	110	80	120	90
	8	90	70	110	80	120	90	140	100
B	3-6	120	90	140	100	160	120	185	140
	7	140	100	160	120	180	140	200	140
	8	140	100	160	120	200	140	220	160
A	3-6	190	140	220	160	250	180	290	200
	7	200	150	250	180	280	200	300	220
	8	200	160	280	200	300	220	350	250

Таблица 3. – Допуск на смещение исходного контура  $T_H$  и толщины зуба  $T_C$

Вид сопряжения	Вид допуска на боковой зазор	Обозначения допуска	Допуск на радиальное биение зубчатого венца $F_r$ , мкм						
			мкм						
			до 8	св 8 до 10	св 10 до 12	св 12 до 16	св 16 до 20	св 20 до 25	св 25 до 32
H, E	h	$T_H$	28	30	35	40	40	45	55
		$T_C$	20	22	25	30	30	35	40
D	d	$T_H$	35	40	40	45	55	60	70
		$T_C$	25	30	30	35	40	45	50
C	c	$T_H$	45	50	55	60	70	80	90
		$T_C$	35	35	35	45	50	60	70
B	b	$T_H$	55	60	70	70	80	90	100
		$T_C$	40	45	50	50	60	70	70
A	a	$T_H$	70	80	80	90	100	110	140
		$T_C$	50	60	60	70	70	80	100

## Лабораторная работа № 5

### ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

#### 1. Цель работы

1. Ознакомление с конструкциями основных типов подшипников качения и их классификацией;
2. Приобретение практических навыков в расшифровке подшипников качения;
3. Знакомство с техническими характеристиками и областью применения подшипников различных типов.

#### 2. Общие сведения

**Конструкции подшипников качения.** Подшипники качения предназначены поддерживать вращающиеся валы и оси в пространстве, обеспечивая им возможность свободного вращения или качения, и воспринимать действующие на них нагрузки. Кроме осей и валов подшипники качения могут поддерживать детали, вращающиеся вокруг неподвижных осей, например, блоки, шкивы и др.

Подшипники качения стандартизованы и выпускаются промышленностью в массовых количествах в большом диапазоне типоразмеров с наружным диаметром от 1 мм до 5 м и с диаметром шариков от 0,35 мм до 203 мм, и массой от долей *грамма* до нескольких *тонн*.

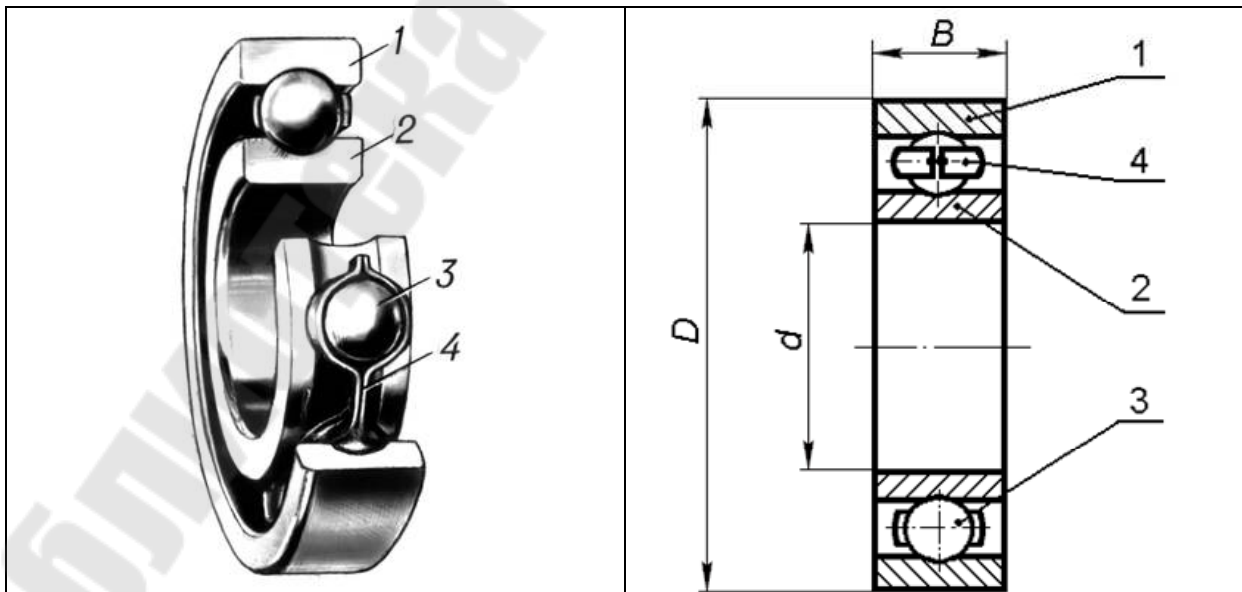


Рис.1

Подшипники качения (рис. 1) в большинстве случаев состоят из наружного кольца 1, внутреннего кольца 2, тел качения 3 (шариков или роликов), сепаратора 4. В некоторых подшипниках качения может отсутствовать сепаратор, а для уменьшения их габаритов могут отсутствовать одно или оба кольца. В таких подшипниках тела качения катятся непосредственно по канавкам вала или корпуса.

Подшипники качения изготавливают из высококачественной высокоуглеродистой хромистой стали типа ШХ. Тела качения выполняют из сталей ШХ6, ШХ9, ШХ15, кольца - из сталей ШХ15, ШХ9, ШХ15 СГ, а для крупных подшипников из сталей 20Х2Н4А.

Подшипники для работы в агрессивных средах выполняют из коррозионностойкой стали типа 95Х18Ш.

Сепараторы, работающие при температуре менее 120°С, изготавливают из термически обработанных кованных алюминиевых сплавов типа дюралюминия и композитных пластиков.

Сепараторы подшипников, работающие при более высоких температурах, изготавливают из свинцовистой или никелевой латуни, кремнистых бронз, антифрикционных чугунов, графитозированной стали, медно-никелевых сплавов и термостойких пластиков.

**Достоинства и недостатки.** В настоящее время подшипники качения являются основными видами опор в машиностроении, так как по сравнению с подшипниками скольжения они имеют ряд достоинств:

- 1) меньшие моменты сил трения и теплообразование;
- 2) малая зависимость моментов сил трения от скорости;
- 3) значительно меньшие пусковые моменты;
- 4) меньшее требование к уходу и незначительный расход смазочного материала;
- 5) малые размеры в осевом направлении;
- 6) значительно меньший расход цветных металлов;
- 7) большая несущая способность на единицу длины;
- 8) менее высокие требования к материалу и к термической обработке валов;
- 9) способность работы в широком диапазоне температур и в вакууме.

К недостаткам подшипников качения относятся:

- 1) чувствительность к ударным нагрузкам;

- 2) относительно большие радиальные размеры;
- 3) высокая стоимость при производстве уникальных подшипников;
- 4) высокие контактные напряжения и поэтому ограниченный срок службы;
- 5) меньшая способность демпфировать колебания;
- 6) чувствительность к неточностям установки и монтажа подшипниковых узлов;
- 7) рабочий шум из-за погрешностей формы тел качения.

**Классификация подшипников качения.** Подшипники качения классифицируют по ряду признаков.

Подшипники качения классифицируют по следующим основным признакам.

1. По форме тел качения: шариковые и роликовые, причём последние (рис. 2) могут быть цилиндрическими (а), коническими (б), игольчатыми (в), бочкообразными (г) и витыми (д).

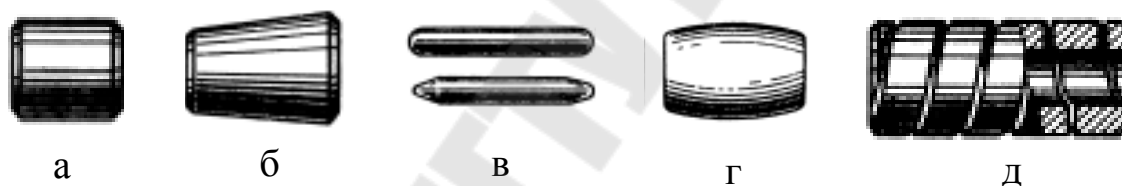


Рис. 2

2. По направлению действия воспринимаемых нагрузок подшипники делят на:

- радиальные, способные воспринимать только радиальную нагрузку;
- упорные, предназначенные для восприятия только осевых нагрузок;
- радиально-упорные и упорно – радиальные, предназначенные для восприятия комбинированной радиальной и осевой нагрузок;

3. По самоустанавливаемости подшипники делят на самоустанавливающиеся – все шарико- и роликоподшипники, кроме сферических; самоустанавливающиеся сферические.

4. По габаритным размерам подшипники подразделяются на серии (для каждого подшипника при одном и том же внутреннем диаметре имеются различные серии, отличающиеся несущей способно-

стью подшипника, т. е. размерами колец и тел качения). В зависимости от размера наружного диаметра подшипника, размерные серии подразделяются на *сверхлёгкие, особо лёгкие, лёгкие, средние* и *тяжёлые*. В зависимости от ширины подшипника размерные серии бывают *узкие, нормальные, широкие* и *особо широкие*.

5. По количеству рядов тел качения подшипники делят на одно-, двух- и четырехрядные.

**Характеристики наиболее распространенных типов подшипников.** *Шариковый радиальный однорядный подшипник* (рис. 3,а) предназначен в основном для восприятия радиальных нагрузок, но может воспринимать и передавать также двухсторонние осевые нагрузки. Удовлетворительно работает при перекосе колец на угол до  $1/4^\circ$  и по сравнению с другими быстроходнее и дешевле. Это – наиболее массовый тип подшипника.

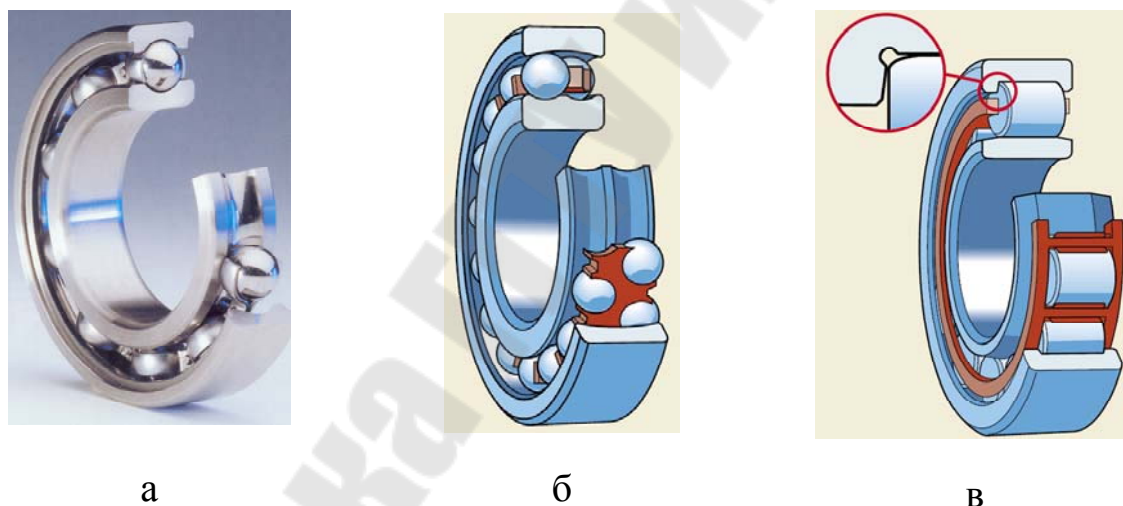


Рис.3

*Шариковый радиальный двухрядный сферический подшипник* (рис. 3,б) предназначен для восприятия радиальных нагрузок в условиях значительного перекоса ( $2...3^\circ$ ) колец подшипника, возникающего вследствие несоосности отверстий под подшипники (в разных корпусах) и больших упругих деформаций валов.

Подшипник допускает двухстороннюю фиксацию вала и может воспринимать небольшие осевые нагрузки. Этот подшипник является самоустанавливающимся.

*Роликовый радиальный однорядный подшипник с короткими цилиндрическими роликами* (рис. 3,в) предназначен для восприятия радиальных нагрузок. Грузоподъемность его в 1,7 раза выше грузоподъемности радиального шарикового однорядного подшипника при одинаковом диаметре вала. Его легко можно разобрать в осевом направлении. Допускается некоторое осевое смещение колец, поэтому его рекомендуют при больших температурных деформациях валов или в случае осевой самоустановки вала.

*Роликовый радиальный однорядный подшипник с длинными цилиндрическими роликами* (рис. 4) предназначен для восприятия больших нагрузок в стеснённых радиальных размерах.

При очень малых габаритах и скоростях вращения до 5 м/с или в случаях качательного движения применяют игольчатые подшипники как с двумя кольцами (рис. 4,а), так и одним (рис. 4,б).

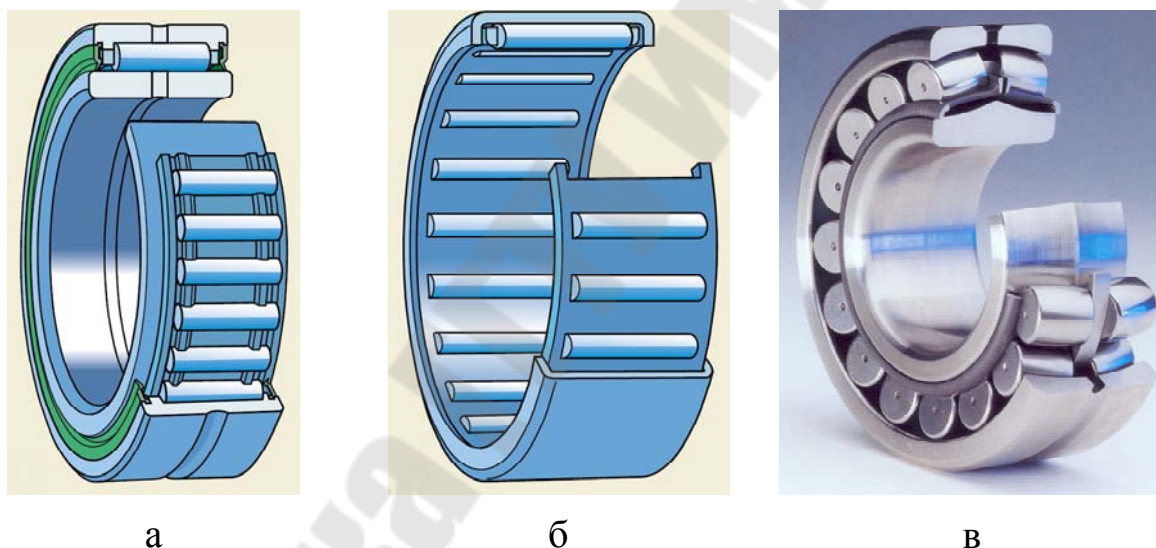


Рис. 4

*Роликовый радиальный двухрядный сферический подшипник* (рис. 4,в) предназначен для восприятия особо больших радиальных нагрузок при значительных перекосах колец ( $2...3^\circ$ ). Подшипники обладают высокими эксплуатационными показателями, но наиболее сложны в изготовлении.

*Шариковый радиально-упорный однорядный подшипник* (рис. 5,а) предназначен для восприятия совместно действующих радиальных и односторонних осевых нагрузок. Применяется при средних и высоких частотах вращения. Радиальная грузоподъемность на 30...40 % выше, чем радиальных однорядных шариковых подшипни-

ков при одинаковом диаметре вала. Подшипник выполняется со стандартными углами контакта шариков с кольцами  $\beta = 12^\circ, 26^\circ, 36^\circ$ .

Для передачи двухсторонних осевых нагрузок на опору устанавливают по два подшипника.

*Роликовый радиально-упорный конический подшипник* (рис. 5,б) предназначен для восприятия значительных совместно действующих радиальных и односторонних осевых нагрузок при средних и низких скоростях вращения (до 15 м/с). Радиальная грузоподъемность в 1,9 раза выше, чем у радиального однорядного шарикоподшипника. Отличается удобством сборки и разборки, требует регулировки зазоров и компенсации износа. Имеет широкое применение в машиностроении.

Для обеспечения чистого качения вершины конических поверхностей дорожек качения колец и роликов совпадают и находятся на оси вращения подшипника.

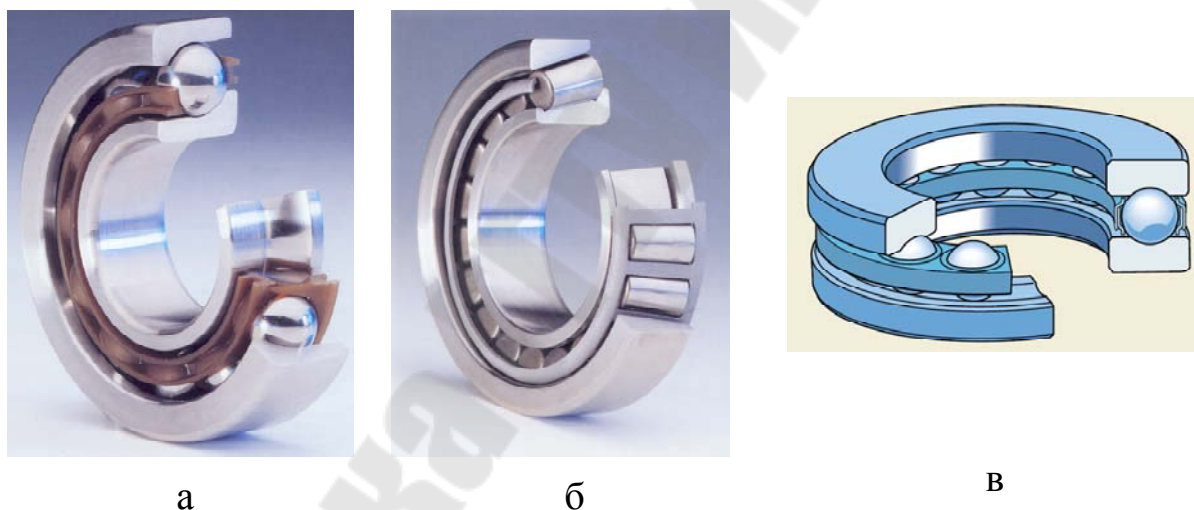


Рис. 5

*Шарикоподшипник упорный* (рис. 5,в) предназначен для восприятия осевых нагрузок. Они удовлетворительно работают при частоте вращения до 10 м/с. При более высоких частотах вращения работа подшипника ухудшается из-за центробежных сил и гироскопических моментов, действующих на шарики.

*Роликовый радиальный подшипник с витыми роликами* (рис. 6,а) предназначены для восприятия только радиальных нагрузок. Отличительной особенностью конструкции подшипников является применение в качестве тел качения специальных гибких витых роликов, что

позволяет подшипникам воспринимать значительные ударные нагрузки.

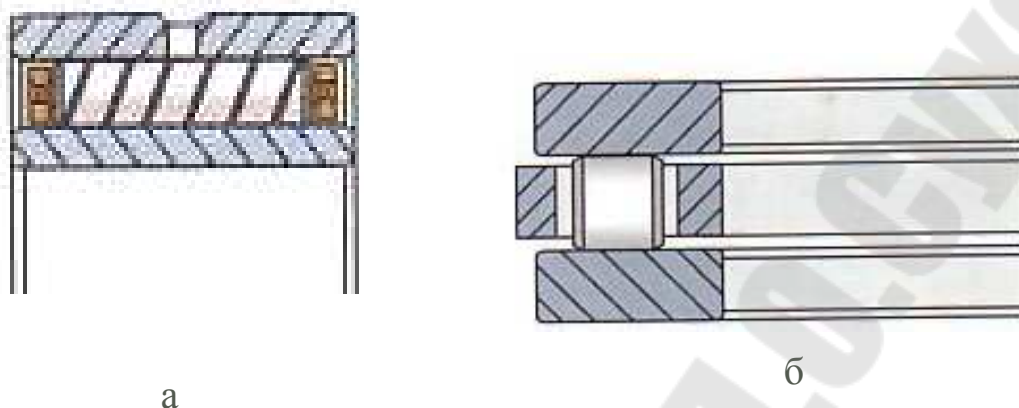


Рис. 6

По сравнению с подшипниками со сплошными цилиндрическими роликами, подшипники с витыми роликами имеют примерно вдвое меньшую грузоподъемность, могут работать только на небольших скоростях и менее чувствительны к загрязнению.

*Упорные цилиндрические роликовые упорные подшипники* (рис. 6,б) применяют для восприятия только осевой силы одного направления, главным образом на вертикальных валах, работающих с невысокими частотами вращения. Характеризуется высокой грузоподъемностью, очень чувствителен к перекосам колец.

**Точность подшипников качения.** Согласно ГОСТ 520–89 установлены следующие классы точности подшипников: 8, 7, 0, 6X, 6, 5, 4, 2 и Т. Перечень классов точности дан в порядке повышения точности. При повышении классов точности стоимость подшипников существенно возрастает.

При назначении класса точности подшипника исходят из скорости его вращения. Для большинства валов и осей общего назначения применяют подшипники класса 0 (нормального).

**Условное обозначение подшипников качения.** Система условных обозначений установлена ГОСТ 3189-75 по следующим признакам: внутренний диаметр подшипника; размерная серия по диаметру; размерная серия по ширине; тип подшипника; конструктивная разновидность.



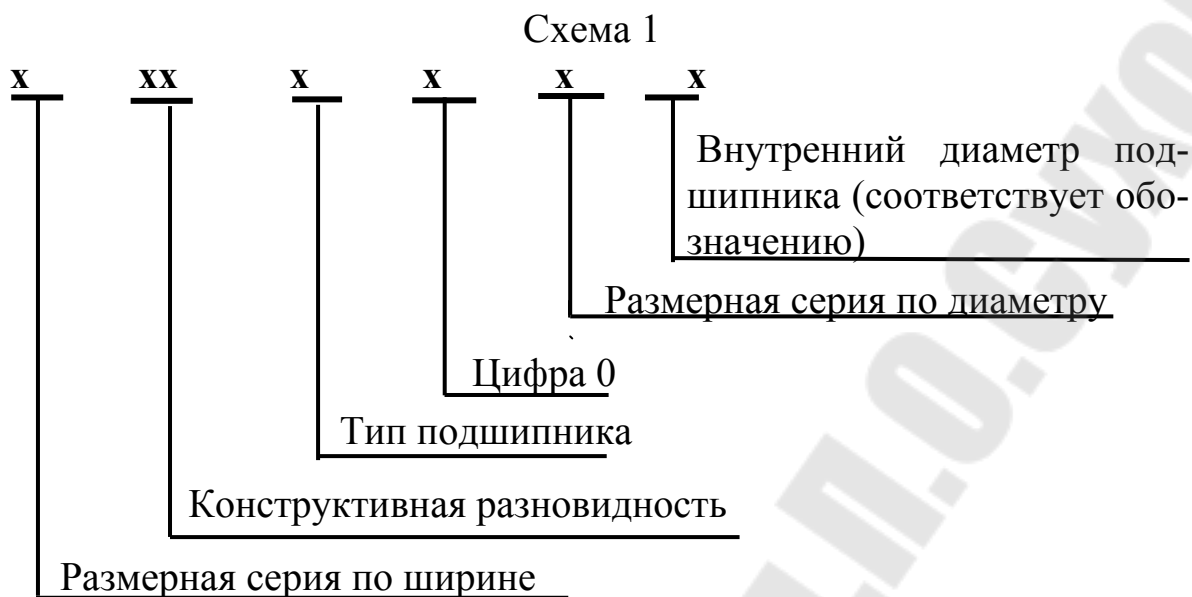


Рис. 7

Порядок расположения условных обозначений приведен на схемах 1 (рис. 7) и 2 (рис. 8). Порядок отсчёта цифр в условном обозначении принят справа налево. Нули, стоящие левее последней значащей цифры, в обозначении не указывают.

Подшипники с внутренним диаметром до 10 мм обозначают по схеме 1, а с внутренним диаметром от 10 мм и более обозначаются по схеме 2.



Рис. 8

**Обозначение внутреннего диаметра подшипника.** Внутренний диаметр подшипника в условном обозначении обозначается в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1. – Условное обозначение внутреннего диаметра подшипника

Внутренний диаметр $d$ , мм	Условное обозначение	
От 1 до 9	Первая цифра – фактический размер $d$ , мм	
10		00
12		01
15		02
17		03
От 20 до 495	Частное от деления $d$ на 5 (04; 05; 06...99)	

**Обозначение размерных серий подшипника.** Подшипник одного внутреннего диаметра обычно изготавливают нескольких размерных серий, т. е. его наружный диаметр и ширина различны в зависимости от грузоподъемности и предельной быстроходности.

По схеме 2 третья и седьмая цифры справа указывают размерные серии подшипника соответственно по диаметру и ширине согласно данным таблицы 2.

Таблица 2 – Обозначение размерных серий подшипников

Размерная серия по диаметру	Размерная серия по ширине	Обозначение серии		Примеры обозначения серии
		3-я цифра справа	7-я цифра справа	
тяжелые	широкая	4	2	2086405
	узкая	4	0	406
средние	особо широкая	3	3	3056305
	широкая	6	0	3606
	нормальная	3	1	1056305
	узкая	3	0	306
легкие	особо широкая	2	3	3056205
	широкая	5	0	3506
	нормальная	2	1	1053205
	узкая	2	0	206

особо легкие	особо широкая	7	3	3003705
		1	4	4854105
	широкая	7	2	2007705
		1	2	2007105
	нормальная	7	1	1007705
		1	0	105
	узкая	7	7	7002705
1		7	7000105	
сверхлегкие	особо широкая	9	4	4032905
		8	3	3007805
	широкая	9	2	2032905
		8	2	2032805
	нормальная	9	1	1000905
		8	1	1000805
	узкая	9	7	7000905
		8	7	7000805

**Условное обозначение типа подшипников.** Четвёртая цифра справа в обозначении подшипника определяет его тип. Типы подшипников в зависимости от воспринимаемой нагрузки приведены в табл. 3.

Таблица 3. – Обозначение типа подшипника

Тип подшипника	Обозначение
Шариковый радиальный	0
Шариковый радиальный сферический	1
Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами	2
Роликовый радиальный со сферическими роликами	3
Роликовый радиальный с длинными или игольчатыми роликами	4
Роликовый радиальный с витыми роликами	5
Шариковый радиально-упорный	6
Роликовый конический радиально-упорный	7
Шариковый упорный, шариковый упорно-радиальный	8
Роликовый упорный, роликовый упорно-радиальный	9

**Условное обозначение подшипников по конструктивным разновидностям.** Пятая и шестая цифры в условном обозначении подшипника определяют его конструктивную разновидность и состоят из двух цифр от 00 до 99. Конструктивных разновидностей подшипников очень много и наиболее распространённые из них приведены в ГОСТ 3395-89.

В таблице 4 приведены некоторые конструктивные разновидности для радиального шарикового подшипника.

Таблица 4. – Обозначение конструктивных разновидностей

Тип подшипника	4-я цифра	Конструктивные особенности	5-я цифра	6-я цифра
Радиальный шариковый	0	Однорядный	0	0
		С канавкой для установочной шайбы	5	0
		С одной защитной шайбой	6	0
		С двумя защитными шайбами	8	0
		С одним уплотнением	6	1
		С двумя уплотнениями	8	1
		С канавкой для ввода шариков без сепаратора	7	9
		То же и с двумя защитными шайбами	8	9
		Двухрядный с коническим отверстием и втулкой	7	9

**Дополнительные знаки условного обозначения.** Изменение материалов деталей подшипника, дополнительные требования по шуму, шероховатости обработки, радиальному зазору и другие маркируют справа и слева от условного обозначения подшипника дополнительными буквами.

**Обозначение класса точности подшипников.** Первая цифра слева от обозначения подшипника, отделенная знаком тире, обозначает класс точности подшипника.

Установлены следующие классы точности подшипников, указанные в порядке повышения точности:

0, 6, 5, 4, 2, Т - для шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников;

0, 6, 5, 4, 2 - для упорных и упорно-радиальных подшипников;

0, 6X, 6, 5, 4, 2 -для роликовых конических подшипников.

Установлены дополнительные классы точности подшипников - 8 и 7 ниже класса точности 0 для применения по заказу потребителей в ответственных узлах.

Классы точности подшипников характеризуются значениями предельных отклонений размеров, формы и расположения поверхностей подшипников. В общем машиностроении обычно применяют классы точности 0, 6, и 5.

**Обозначение ряда радиального зазора.** Ряд радиального зазора обозначается второй цифрой справа налево в приставке перед цифрой класса точности.

**Обозначение ряда момента трения.** Ряд момента трения цифрой с буквой М перед цифрой ряда радиального зазора.

**Отнесения подшипника к категории.** В случае регламентирования нормы вибрации, отклонения от круглости, радиального и осевого биения и т.д. перед обозначением момента трения проставляется литера А, В или С.

К категории А относятся подшипники классов точности 5, 4, 2, Т с одним из дополнительных требований по повышенным нормам уровня вибрации, волнистости и отклонению от круглости поверхностей качения, моменту трения, углу контакта, радиальному биению, осевому биению и их совместному значению.

К категории В относятся подшипники классов точности 0, 6X, 6, 5 с одним из дополнительных требований, аналогичных категории А.

К категории С относятся подшипники классов точности 7, 8, 0, 6, к которым не предъявляются требования по уровню вибрации, моменту трения и другие требования по категориям А и В.

Например, В1М76-206 – подшипник класса точности 6, имеет 7 ряд зазора, с регламентированным моментом трения по 1 ряду и отнесен к категории В.

**Обозначение отличительных признаков подшипника.** Дополнительные буквы или буквы с цифрами справа от условного обозначения подшипника характеризуют следующие отличительные признаки:

Б – сепаратор из безоловянного сплава;

Г – сепаратор массивный из черных металлов;

Д – сепаратор из алюминиевого сплава;

Е – сепаратор из пластических материалов (текстолита и др.);

- К – конструктивные изменения деталей подшипника;
- Л – сепаратор из латуни;
- Н – изменение ширины внутреннего кольца (для конических подшипников).
- Р – детали подшипника из теплостойкой стали;
- С – подшипник закрытого типа при заполнении специальной смазкой;
- Т – специальные требования к температуре отпуска деталей, твердости и механическим свойствам;
- У – дополнительные требования к шероховатости обработки поверхностей деталей, к радиальному зазору, к осевой игре и т.д.;
- Х – кольца и тела качения (или только кольца) из цементируемой стали;
- Ш – специальные требования к подшипнику по шуму;
- Э – детали подшипника из стали ШХ со специальными присадками (ванадий, кобальт и др.);
- Ю – все детали подшипника (или часть) выполнены из нержавеющей стали;
- Я – кольца, тела качения из редко применяемых материалов (стекла, керамики, пластмассы и т.д.);

### **3. Порядок выполнения работы**

1. Изучить теоретический материал.
2. Рассмотреть комплект подшипников качения.
3. Записать маркировку (условное обозначение) подшипников и, пользуясь настоящим пособием и технической литературой, выполнить расшифровку условных обозначений.
4. Установить назначение каждого подшипника качения и область его применения.
5. Штангенциркулем измерить все геометрические параметры подшипников.
6. Сравнить внутренние диаметры подшипников, полученные из условного обозначения и измеренные.
7. Выполнить эскизы этих подшипников с указанием основных размеров.
8. Оформить отчет о выполненной работе.

#### 4. Структура отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Выполнить эскизы этих подшипников с указанием основных габаритных размеров.
3. Привести расшифровку цифровых и буквенных обозначений.
4. Дать краткую характеристику подшипников по назначению и применению.
5. Выводы.

#### 5. Контрольные вопросы

1. Из каких деталей состоит подшипник качения?
2. Какие силы воспринимают различные подшипники качения?
3. По каким признакам классифицируют подшипники качения?
4. Какие формы тел качения применяют в подшипниках?
5. Какие материалы применяют для тел качения в подшипниках?
6. Какие типы подшипников качения имеют наибольшую грузоподъемность?
7. Какие типы подшипников качения наиболее быстроходны?
8. Какие материалы применяют для подшипников колец?
9. Для чего применяют сепараторы в подшипниках качения?
10. Из каких материалов выполняют сепараторы в подшипниках качения?
11. Какими параметрами характеризуют подшипники качения?
12. Как определить класс точности подшипника качения по его маркировке?
13. Чем отличается подшипник радиально-упорный от радиального и от упорного подшипника?
14. Как определить тип подшипника качения по его маркировке?
15. Как определить серию диаметров подшипника качения по его маркировке?
16. Каковы отличительные признаки серий подшипников качения по ширине и как их маркируют?
17. Как определить внутренний диаметр подшипника качения по его маркировке?
18. Что характеризуют буквы, расположенные справа от основной маркировки подшипника качения?

19. Где располагают признаки конструктивных особенностей подшипника качения в его маркировке?

## Лабораторная работа № 6

### ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ДВУХСТУПЕНЧАТОГО РЕДУКТОРА

#### 1. Цель работы

1. Ознакомление с устройством цилиндрического редуктора;
2. Определение назначения отдельных его узлов;
3. Замеры и вычисления основных параметров зацепления;

#### 2. Общие сведения

**Классификация цилиндрических редукторов.** Редуктором называют механизм (рис. 1), выполненный в виде отдельного закрытого агрегата и служащий для передачи мощности с понижением частоты вращения ведомого вала по сравнению с ведущим.

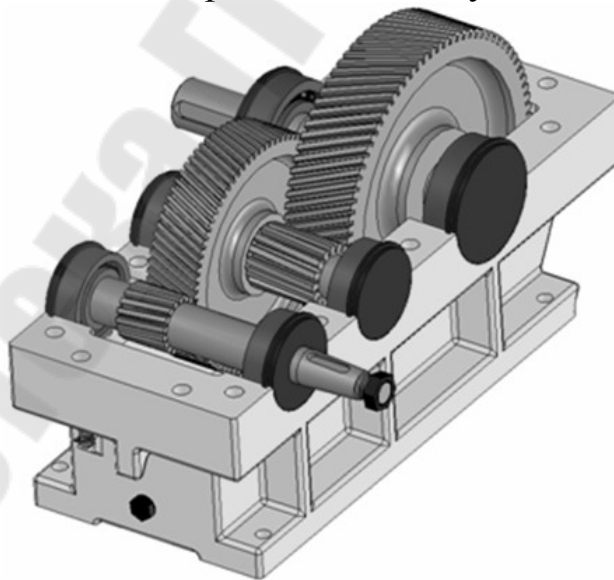


Рис. 1

Цилиндрические редуктора имеют наибольшее распространение благодаря относительной простоте, большому диапазону частот вращения и нагрузок, долговечности и высокому коэффициенту полезного действия.



В зависимости от числа ступеней, в которых происходит понижение угловых скоростей, различают редукторы одноступенчатые, двухступенчатые и трехступенчатые.

Одноступенчатые зубчатые цилиндрические редукторы (рис. 2,а) применяются при передаточных числах не более 8–10 (обычно до 6,3) во избежание больших габаритов.

Двухступенчатые зубчатые цилиндрические редукторы с передаточными числами от 8 до 40 получили наибольшее распространение. В зависимости от конструктивного исполнения двухступенчатые редукторы также делятся на несколько групп:

1. Двухступенчатые с развернутой схемой исполнения (рис. 2,б). Эти редукторы наиболее просты, однако несимметричное расположение колес на валах приводит к повышению концентрации нагрузки по длине зуба, вызывает неравномерность распределения нагрузки между подшипниками, поэтому они требуют жестких валов;

2. Двухступенчатые с раздвоенной быстроходной или тихоходной ступенью (рис. 2,в, г). При такой компоновке передач улучшаются условия работы наиболее нагруженной тихоходной ступени.

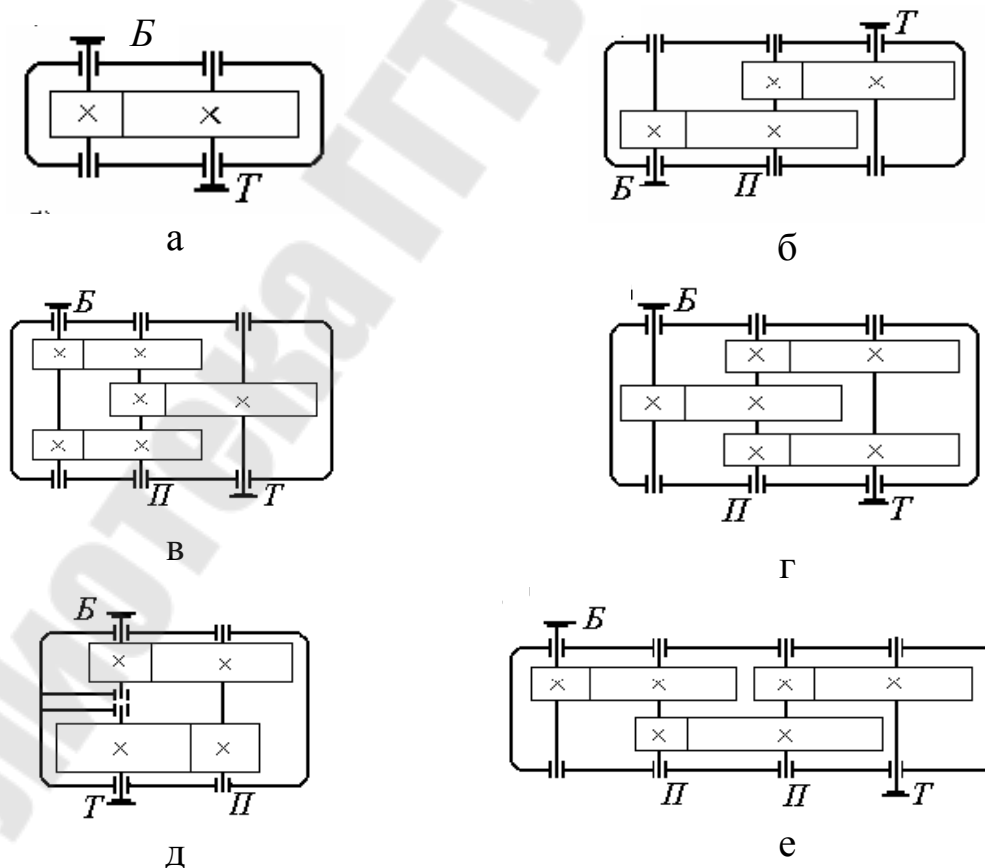


Рис.2

Для обеспечения равномерной нагрузки обеих зубчатых пар быстроходной ступени их делают косозубыми: одну пару правой, а другую левой, при этом возможно повышение угла наклона зубьев.

Деформации валов тихоходной ступени не вызывают какой-либо существенной концентрации нагрузки по длине зубьев вследствие симметричного расположения колес.

Редукторы с раздвоенной ступенью на 20 % легче, чем по развёрнутой схеме, при этом раздвоение ступени не увеличивает потери мощности.

3. Двухступенчатые соосные редукторы (рис. 2,д) имеют меньшие габариты по длине, поэтому в них обеспечивается одинаковое погружение колес в масло и наиболее рациональная компоновка привода.

К недостаткам этих редукторов можно отнести большие габариты по ширине, затрудненную смазку подшипников, расположенных в средней части корпуса, быстроходная пара, имеющая такое же межосевое расстояние, как и тихоходная, обычно бывает недогружена.

Трёхступенчатые зубчатые цилиндрические редукторы (рис. 2,е) позволяют реализовывать передаточные отношения от 25 до 60. Они также могут выполняться как по развёрнутой схеме, так и с раздвоенной ступенью.

Редукторы с вертикальными валами (рис. 3) применяют обычно при фланцевом креплении электродвигателя.

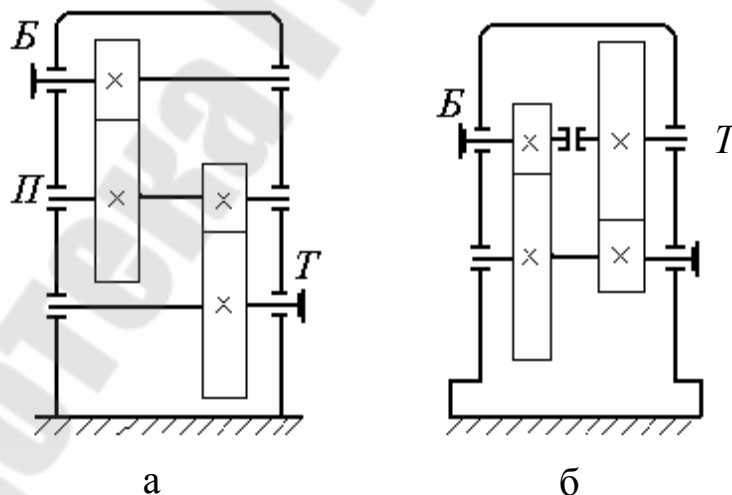


Рис. 3

В этих редукторах имеет место неблагоприятные условия смазки верхних зубчатых колес и подшипников, как в редукторе по развёрнутой схеме (рис. 3,а) и в случае соосного редуктора (рис. 3,б).

Наиболее распространены двухступенчатые горизонтальные цилиндрические редукторы серий РМ и ЦД, выполненные по развернутой схеме (рис. 2,б). Такие механизмы могут передавать крутящий момент до 10–15 кН·м.

**Конструкция исследуемого редуктора.** Редуктор состоит из массивного корпуса, узлов зубчатых колес и шестерен с опорами, крышек подшипников и регулировочных колец (рис. 4).

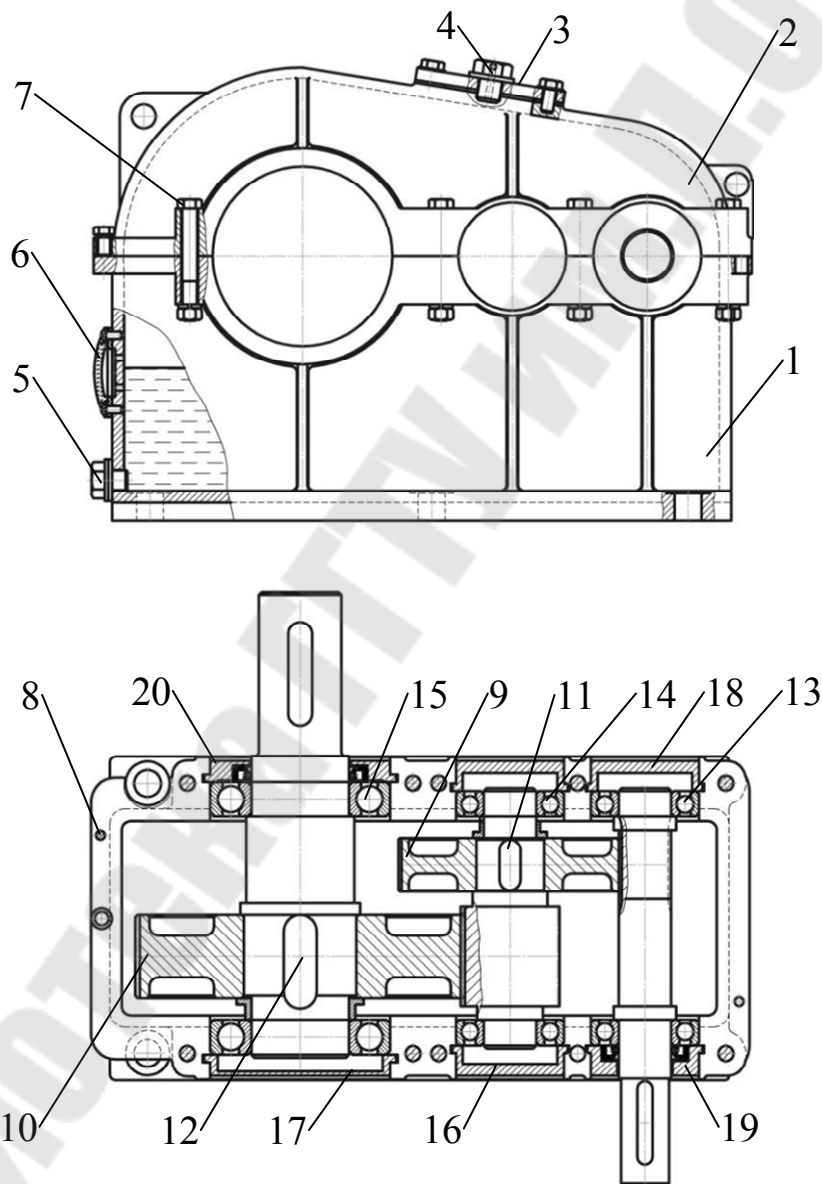


Рис. 4

**Корпус.** Корпус редуктора служит для размещения в нем деталей передач, для обеспечения их смазки и смазки подшипников, для предохранения их от загрязнения и для восприятия усилий, возникающих в процессе работы механизма. Основные требования к кор-

пусу являются прочность и жесткость. В случае его деформации возникает перекос валов, что может привести к повышенному износу зубьев вследствие неравномерности распределения нагрузки и даже к их поломке.

Для повышения жесткости корпус усиливают ребрами, расположенными на участках размещения опор валов. Для удобства монтажа корпус выполнен разъемным. Плоскость разъема горизонтальна и проходит через оси валов. Нижняя часть корпуса 1 называется картером, верхняя 2 – крышкой. На крышке имеется смотровое окно, закрытое прямоугольной крышкой 3 с отдушиной 4. Назначение отдушины – в выравнивании давлений внутренней полости редуктора и атмосферного и вследствие этого устранения утечки масла через уплотнения валов.

В картере 1 имеется пробка 5 для слива масла и смотровое окно 6 для замера его уровня. Для замера уровня масла могут использоваться другие технические решения. Картер и крышку соединяют болтами 7, которые устанавливают с зазором.

Плоскости разъема корпуса и крышки обычно тщательно обрабатываются для обеспечения плоскостности. При сборке плоскости стыки смазывают специальными герметиками. Прокладки между корпусом и крышкой редуктора не устанавливают, так как они изменяют характер посадки подшипников качения.

**Зубчатые колеса.** Зубчатые колеса цилиндрических редукторов в большинстве случаев изготавливают из конструкционной углеродистой или легированной стали с содержанием углерода от 0,1 до 0,6 % с последующей термообработкой.

Из двух зубчатых колес, образующих передачу, шестерней называется наименьшее из них по диаметру.

Колеса 9, 10 насаживают на вал с посадкой, гарантирующей натяг в сопряжении. А также используют шпонки 11, 12. В отдельных случаях шестерни изготавливают заодно с валом, получая так называемые валы-шестерни. В данном редукторе в виде вала-шестерни выполнен быстроходный и промежуточный валы.

**Подшипники.** Подшипники служат для поддержки вращающихся валов. В данной конструкции применяются радиальные шариковые подшипники 13, 14, 15. При действии значительных осевых нагрузок используют радиально-упорные шариковые или роликовые подшипники.

Между крышкой подшипника и корпусом редуктора для регулирования осевого зазора подшипников качения и для компенсации ошибок линейных размеров сопряженных деталей, получающихся при их изготовлении, устанавливают набор регулировочных прокладок. Вместо прокладок можно применять кольца, установленные между боковой крышкой и наружным кольцом подшипника.

Для обеспечения возможности сквозной расточки гнезд противоположных подшипников их конструируют одного диаметра. Расточка гнезд подшипников должна быть выполнена с большой точностью, чтобы избежать перекоса осей, приводящего к неравномерности распределения нагрузки по длине зуба.

**Крышки подшипников.** Крышки подшипников служат для предотвращения попадания пыли и грязи внутрь корпуса и в подшипниковые узлы и для передачи на корпус осевых усилий. Крышки могут быть глухими 16, 17, 18 и сквозными 19, 20. В последних проточены отверстия для прохода валов и специальные кольцевые канавки для уплотнения. Крышки могут быть закладные и привёртываемые.

**Резьбовые соединения.** Резьбовые соединения служат для скрепления корпуса и крышки редуктора. В резьбовых соединениях, соединяющих корпус и крышку редуктора, необходимо предусмотреть средства против самоотвинчивания гаек. Для этого в крупных редукторах могут применяться контргайки, а в мелких и средних – пружинные шайбы или стопорные шайбы с лапками. Для облегчения съема крышки при демонтаже редуктора как один из способов применяют два отжимных винта, завинчиваемых во фланцы корпуса или крышки редуктора.

**Штифты.** Штифты предназначены для точного фиксирования положения крышки относительно корпуса редуктора при совместной расточке гнезд под подшипники и при сборке редуктора. Как правило, предусматривается два конических штифта 8, которые располагаются несимметрично на противоположных сторонах редуктора. При симметричной крышке штифты располагают таким образом, чтобы при сборке редуктора крышку нельзя было поставить неправильно.

**Смазка редуктора.** Смазка редуктора может быть циркуляционная и картерная. В данной конструкции редуктора применена картерная смазка, которая осуществляется окунанием зубчатых ко-

лес в масло, заливаемое в картер редуктора. Этот вид смазки применяют при окружных скоростях зубчатых колес до 12,5 м/с.

При более высоких окружных скоростях масло сбрасывается с зубьев центробежной силой, и зацепление работает при недостатке смазки. Быстроходное колесо двухступенчатого цилиндрического горизонтального редуктора должно быть погружено в масляную ванну на глубину до  $5m$  ( $m$  – модуль зацепления).

Минимальный объем залитого масла в зубчатых передачах составляет от 0,4 до 0,6 литров на 1 кВт передаваемой мощности. При работе передачи внутри корпуса создается масляный туман. Конденсируясь на стенках, масло стекает вниз и смазывает подшипники качения. Обычно используют промышленное масло марок И-12, И-30, И-50; автотракторное масло АК-20, АК-15.

Максимальный объем ванны ограничивается предельно допустимой высотой уровня масла в корпусе.

**Мазеудерживающие кольца.** Мазеудерживающие кольца применяются при густой смазке подшипников качения. Их устанавливают так, чтобы они несколько выступали за торец корпуса редуктора или стакана. При вращении мазеудерживающего кольца жидкое масло сбрасывается центробежной силой, что предотвращает вымывание густой смазки. Густая смазка подшипников качения применяется при окружной скорости подшипника менее 4 м/с.

### 3. Порядок выполнения работы

1. Снять крышку редуктора и ознакомиться с конструкцией и назначением отдельных его узлов.
2. Измерить геометрические параметры зацеплений редуктора и результаты вычислений занести в таблицу 1.

Таблица 1. – Результаты замеров

Параметр		Обозначение	Ступень	
			Быстроходная	Тихоходная
Количество зубьев	Шестерня	$z$		
	Колесо			
Диаметр	Шестерня	$d_a$ , мм		

вершин зубьев	Колесо			
Межосевое расстояние		$a_w$ , мм		
Ширина зуба колеса		$b_w$ , мм		
Длина зуба колеса		$l$ , мм		

3. Рассчитать геометрические параметры зацеплений редуктора по следующим зависимостям и результаты вычислений занести в таблицу 2.

Таблица 2. – Результаты расчетов геометрических параметров

Параметр		Обозначение	Ступень	
			Быстроходная	Тихоходная
Делительный диаметр	Шестерня	$d_w$ , мм		
	Колесо			
Диаметр вершин зубьев	Шестерня	$d_a$ , мм		
	Колесо			
Диаметр впадин зубьев	Шестерня	$d_f$ , мм		
	Колесо			
Угол наклона зубьев		$\beta_b$ , град		
Нормальный модуль		$m_n$ , мм		
Торцовый модуль		$m_t$ , мм		
Межосевое расстояние		$a_w$ , мм		
Передаточное число		$u$		

Угол наклона зубьев

$$\beta_b = \arccos \frac{b_w}{l}.$$

Модуль зубчатых колес

$$m_n = \frac{d_a \cos \beta_b}{z + 2 \cos \beta_b}.$$

Таблица 3. – Значение модулей

Номер ряда	Модули
1-й ряд	1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25
2-й ряд	1; 1,25; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 5,7; 9; 11; 14; 18; 22
Примечание – Первый ряд следует предпочитать второму	

Так как угол  $\beta_b$  определен с большой погрешностью, значение нормального модуля  $m_n$  будет отличаться от стандартного значения, то его необходимо принять ближайшим стандартным из таблицы 3 и рассчитать фактическое значение угла  $\beta_b$ .

Угол наклона зубьев

$$\beta_b = \arccos \frac{zm_n}{d_a - 2m}.$$

Торцовый модуль

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta_b}.$$

Делительный диаметр

$$d = \frac{m_n}{\cos \beta_b}.$$



Диаметр окружности выступов

$$d_a = m_n \left( \frac{z}{\cos \beta_b} + 2 \right).$$

Диаметр окружности впадин

$$d_f = m_n \left( \frac{z}{\cos \beta_b} - 2,5 \right).$$

Передаточные числа ступеней и редуктора

$$u_6 = \frac{z_2}{z_1}; \quad u_T = \frac{z_4}{z_3}; \quad u_{\text{ред}} = u_6 u_T.$$

Межосевые расстояния

$$a_{w6} = \frac{d_{w1} + d_{w2}}{2}; \quad a_{wT} = \frac{d_{w3} + d_{w4}}{2}.$$

#### 4. Структура отчета

- 1) цель работы;
- 2) кинематическая схема редуктора;
- 3) результаты замеров (табл. 1);
- 4) расчет геометрических параметров редуктора;
- 5) результаты расчетов (табл. 2);
- 6) выводы.

#### 5. Контрольные вопросы

1. Какой механизм называется редуктором. и какого его назначение?
2. Для чего предназначен редуктор?
3. Как классифицируют редуктора в зависимости от числа ступеней?

4. Как классифицируют двухступенчатые редукторы в зависимости от их конструктивного исполнения?
5. Какие основные требования предъявляются к корпусу редуктора?
6. Какие материалы применяются для изготовления зубчатых колес?
7. Как осуществляется регулировка подшипников?
8. Какие виды крышек подшипника бывают?
9. Для чего применяются штифты и отжимные болты?
10. Из каких соображений определяется требуемый объем смазочного материала?
11. С какой целью применяют мазеудерживающие кольца?
12. Как предварительно определяют угол наклона зубьев и нормальный модуль?
13. По каким зависимостям рассчитывают геометрические параметры редуктора?

## Литература

1. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин: М., Высшая школа, 2007 – 499 с.
2. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин/ П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – М.: Высшая школа, 2000 – 447 с.
3. Передатки и подшипники: метод. указания к лабораторным работам по курсам «Детали машин», «Детали машин и основы конструирования», «Прикладная механика»/ Владим. гос. ун-т: сост.: Е.А. Новоселов, О.В. Федотов.– Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009 – 28 с.
4. Средства для линейных измерений. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1978 – 264 с.
5. Муслина Г.Р. Измерение и контроль геометрических параметров деталей и приборов: учебное пособие/ Г.Р. Муслина, Ю.М. Правиков. – Ульяновск: УлГТУ, 2007 – 220 с.

## Оглавление

Лабораторная работа №1. Использование измерительных инструментов в машиностроении	3
Лабораторная работа №2. Контроль калибра-скобы с помощью плоскопараллельных концевых мер	20
Лабораторная работа №3. Оценка годности деталей при помощи регулируемой скобы	29
Лабораторная работа №4. Измерение толщины зуба шестерни по постоянной хорде штангензубомером	37
Лабораторная работа №5. Изучение конструкции подшипников качения	42
Лабораторная работа №6. Изучение конструкций и определение основных параметров цилиндрического двухступенчатого редуктора	56
Литература	67

**Тариков** Георгий Петрович  
**Бельский** Алексей Тимофеевич  
**Прядко** Наталья Владимировна

## **НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
по курсу «Детали машин»  
для студентов специальности 1-36 20 02  
«Упаковочное производство (по направлениям)»  
дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 18.09.12.

Рег. № 28Е.  
<http://www.gstu.by>