

16/4/11

Одобрено кафедрой  
«Теоретическая  
и прикладная механика»

# Метрология, стандартизация и сертификация

Методические указания  
по выполнению лабораторных работ  
для студентов III курса

специальности

190701.65 ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И УПРАВЛЕНИЕ  
НА ТРАНСПОРТЕ (ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ) (ПП)

*2-е издание, стереотипное*

РОАТ

Москва – 2011

Составители : доц. А.В Васильев  
канд. техн. наук, доц. А.П Маштаков;  
канд. техн. наук, доц. А.А Платонов

Рецензент – канд. техн. наук, доц. Н.Г. Ефремов

## Лабораторная работа № 1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ВАЛА МЕТОДОМ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ

(прямые абсолютные измерения универсальными средствами измерения)

#### *Цель работы:*

1. Изучение устройства универсальных измерительных приборов (микрометрических и штангенприборов) и приобретение навыков проведения измерений методом непосредственной оценки.

2. Определение соответствия действительных размеров вала и отклонений формы и расположения его поверхностей установленным в чертеже требованиям.

#### *Оборудование и принадлежности:*

1. Чертеж вала.
2. Вал, изготовленный по чертежу.
3. Плита поверочная.
4. Средства измерения: штангенциркули, штангенглубиномеры, микрометры гладкие и рычажные.
5. Установка для определения радиального и торцевого биения.

#### *Порядок выполнения работы:*

1. Ознакомиться с чертежом вала.

2. Выполнить эскиз измеряемого объекта.

3. Выбрать измерительные средства для всех подлежащих контролю параметров вала и занести в протокол их метрологические характеристики (наименование, пределы измерений, цена деления шкалы, предельная погрешность измерения).

4. Установить вал на поверочную плиту и произвести измерение длин всех ступеней вала. Замер длины каждой ступени выполняется трижды, с последующим вычислением среднего значения. Определить величину *действительного* отклонения длины каждой из ступеней вала по формуле:

$$\Delta = L_d - L, \text{ мм,}$$

где  $L_d$  – *действительный* (средний измеренный) размер дли-

ны ступени вала;

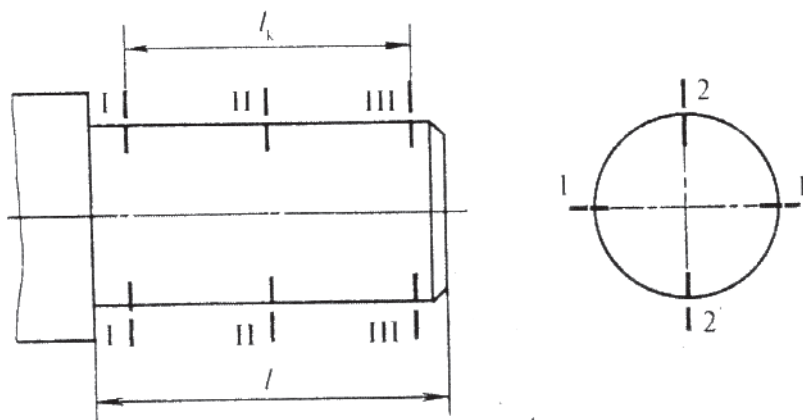
$L$  – номинальный размер длины этой ступени (из чертежа детали).

Результаты измерений и вычислений занести в таблицы отчета.

5. Установить вал в центрах и выполнить измерения диаметра каждой из его ступеней согласно схеме измерения (рис. 1).

Каждую ступень нужно измерить в трех поперечных сечениях, а в каждом сечении – в двух взаимноперпендикулярных направлениях. *Все измерения повторяют три раза.* Результаты измерений заносят в таблицы отчета.

Схема измерения вала



I-I, II-II, III-III – сечения; 1-1 и 2-2 – направления измерений.

Рис.1

## Отклонения формы цилиндрических поверхностей

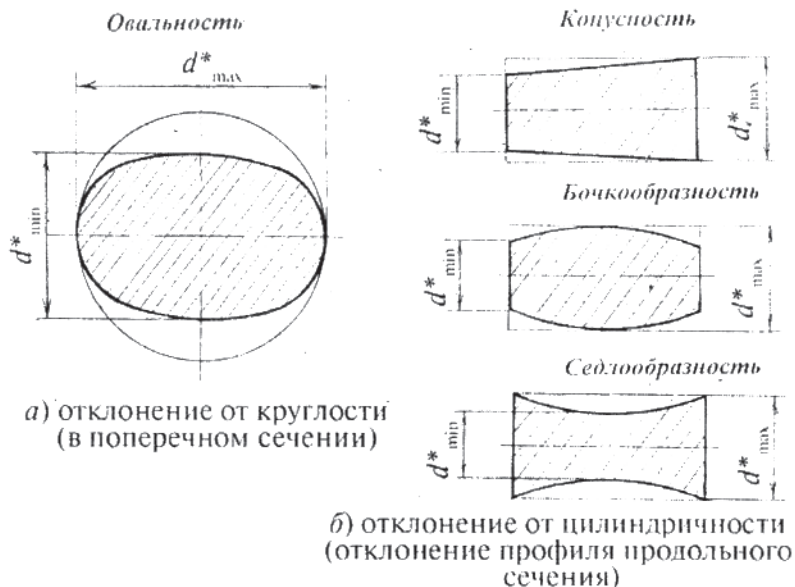


Рис. 2

По результатам трех измерений в каждом из направлений вычисляется среднее значение, которое принимается за *действительное значение размера диаметра* в данном направлении.

**В дальнейших вычислениях используются только действительные значения!**

6. Определить вид и величину отклонения формы поверхности в поперечном сечении (овальность) и профиля продольного сечения (конусность, корсетность, бочкообразность) (рис. 2).

Величина отклонения формы поверхности определяется по формуле:

$$\Delta = \frac{d^*_{\max} - d^*_{\min}}{2}, \text{ мм,}$$

где  $d_{\max}$  — наибольший действительный диаметр в сечении;

$d_{\min}$  — наименьший действительный диаметр в сечении.

Результаты вычислений занести в таблицу отчета.

7. Выполнить схемы расположения полей допусков, заданных чертежом на размер диаметра каждой ступени вала. На схемах указать значения действительных отклонений размера диаметра.

8. Определить величину радиального биения тех поверхностей вала, на которые чертежом установлены допуски этих видов отклонений (суммарные отклонения формы и расположения поверхностей): — к контролируемой поверхности вала, установленного в центрах лабораторной установки, подвести измерительный наконечник индикатора и нажать им на поверхность вала так, чтобы стрелка индикатора сделала 1 — 2 оборота (устанавливать шкалу индикатора на ноль *не обязательно*). Поворачивая вал в центрах, определить наибольшее и наименьшее показание прибора (в делениях по шкале индикатора). Разность между наибольшим и наименьшим показаниями, умноженная на цену деления шкалы индикатора, и будет величиной радиального биения этой поверхности в [мм]. Величина радиального биения вала для каждой ступени измеряется трижды ( в тех же поперечных сечениях, в которых проводились измерения диаметра) и вычисляется его среднее значение.

9. Действительные отклонения всех измеренных параметров вала сравниваются с допустимыми значениями (по чертежу) и делается заключение о годности изделия.

10. Оформить отчет по лабораторной работе (см. прил. 1).

### **Устройство и правила пользования микрометрическими и штангенприборами**

Наша промышленность выпускает гладкие *микрометры* типа МК (рис. 3, 2) с пределами измерения 0 — 25мм, 25 — 50мм и т.д. через каждые 25 мм до 275 — 300 мм, а также 300 — 400, 400 — 500

и 500 – 600 мм. Предельная погрешность микрометров зависит от верхних пределов измерения и может составлять от  $\pm 5$  мкм (для микрометров с пределом измерения 0 – 25 мм) до  $\pm 50$  мкм (для микрометров с пределом измерения 400 – 300 мм). Все микрометры имеют одинаковую конструкцию.

Принцип действия микрометров основан на использовании винтовой пары (винт-гайка) для преобразования вращательного движения микровинта в поступательное. В скобу 1 запрессованы неподвижная пятка 2 и стембель 5. Внутри стембля 5 с одной стороны имеется микрометрическая резьба с шагом 0,5 мм, а с другой – гладкое цилиндрическое отверстие, обеспечивающее точное направление перемещения винта 3. На винт насажен барабан 6, соединенный с трещоткой 7. Барабан 6 фиксируется на винте 3 установочным винтом 10 или установочным колпачком. Стопор 4 служит для закрепления винта в нужном положении.

Микрометр снабжен двумя отсчетными устройствами. Первое из них включает нанесенную на стембель 5 продольную шкалу 8 с ценой деления 0,5 мм и указатель, которым служит торец барабана, а второе – круговую шкалу 9 конусной поверхности барабана (цена деления 0,01 мм) и указатель в виде продольного штриха на стембле.

Шаг микровинта равен 0,5 мм. Следовательно, одному обороту винта и жестко скрепленного с ним барабана соответствует линейное перемещение торца барабана на 0,5 мм.

Для определения размера детали отсчет производят по двум устройствам и затем суммируют результаты следующим образом:

по нижним рискам продольной шкалы отсчитывают целые миллиметры; к ним добавляют 0,5 мм, если между нижней риской и торцом барабана видна верхняя риска продольной шкалы; по круговой шкале отсчитывают сотые доли миллиметра.

Пример отсчета приведен на рис. 3, д.

Перед измерением необходимо установить микрометр на нуль. С этой целью поворачивают микровинт за трещотку 7 до соприкосновения измерительных поверхностей пятки 2 и винта 3 и свободного вращения трещотки. Нулевой штрих ба-

рабана должен совпасть с продольным отсчетным штрихом на стебле. При их несовпадении микровинт закрепляют стопором и отвинчивают установочный винт ( или установочный колпачок ) на пол-оборота. Освобожденный барабан проворачивают до совпадения нулевого и отсчетного штрихов, установочный колпачок вновь завинчивают.

Измеряемую деталь зажимают между поверхностями микровинта и пятки и производят отсчет.

**Внимание!** Для того чтобы измерительное усилие не превышало допустимое ( $P = 5 \div 9 \text{ Н}$ ), винт следует вращать **только с помощью трещотки.**



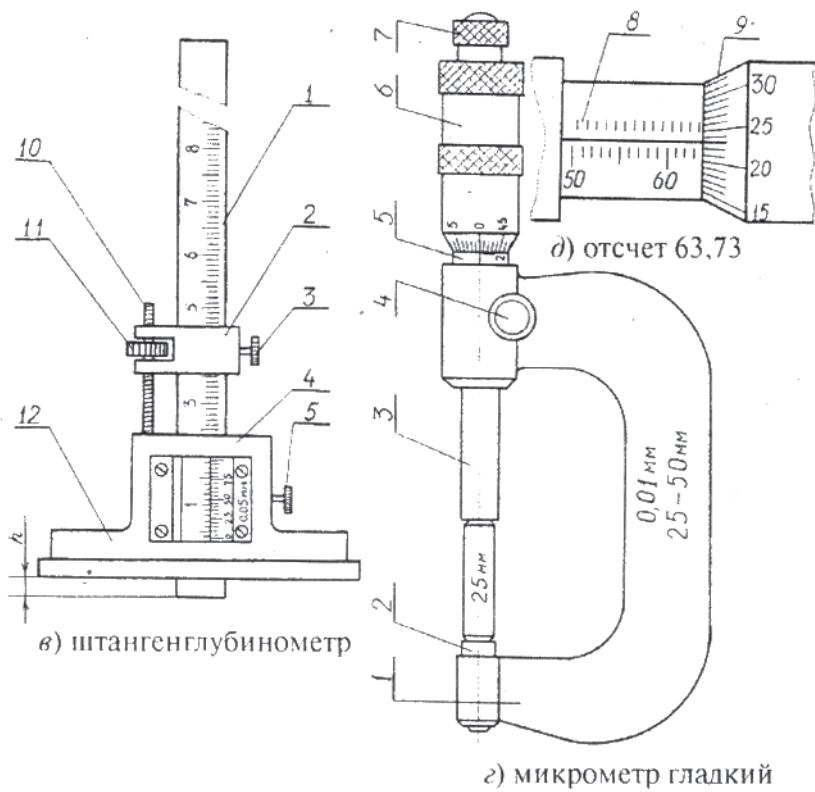
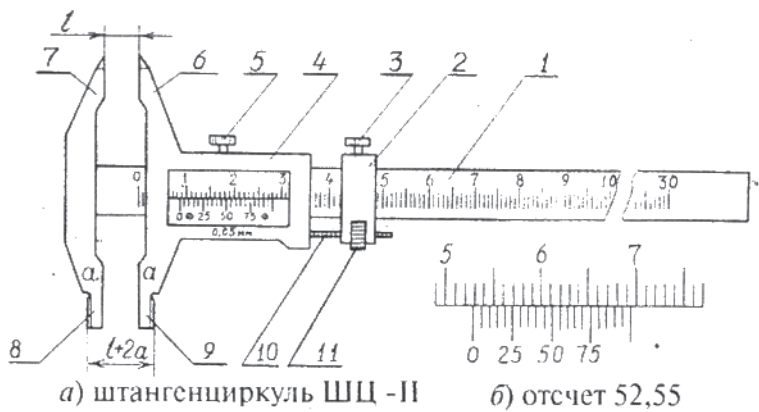


Рис. 3. Измерительные приборы

Если усилие начинает превосходить установленную норму, трещотка проворачивается, и вращение микровинта прекращается.

**Штангенприборы** (штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмасы, штангенугломеры) являются наиболее простыми, дешевыми, но наименее точными измерительными приборами. Их конструктивной особенностью является *наличие двух шкал*.

Конструкция *штангенугломера* имеет некоторые отличительные особенности (она приведена в лабораторной работе № 4). Основные детали конструкции других штангенприборов следующие — металлическая линейка (штанга) 1, на которой имеется шкала с интервалом деления 1 мм (рис. 3, а и в) и свободно перемещающаяся по штанге рамка 4, на скосе которой (напротив миллиметровой шкалы) нанесена вспомогательная шкала — нониус. Положение подвижной рамки 4 может фиксироваться на штанге стопорным винтом 5. Нониус служит для отсчета дробных долей миллиметра. Штангенприборы выпускают с отсчетом по нониусу 0,1 и 0,05 мм. При измерении размера сначала отсчитывают целое число миллиметров по шкале штанги (с помощью нулевого штриха нониусной шкалы) и к нему прибавляют дробное число миллиметра, полученное умножением цены деления нониуса на порядковый номер штриха нониусной шкалы, совпадающего со штрихом шкалы штанги (рис. 3, б).

Некоторые типы штангенприборов снабжены микрометрической подачей, состоящей из хомутика 2 (рис. 3, а и в), в вырезе которого помещена гайка 11, накрученная на микрометрический винт 10. Хомутик 2 может закрепляться на штанге стопорным винтом 3. Микрометрическая подача повышает точность измерения размеров.

Согласно ГОСТ 166-73 промышленность выпускает *штангенциркули* трех типов.

Штангенциркуль ШЦ-1 предназначен для измерения наружных и внутренних размеров и глубин. Пределы измерений от 0 до 125 мм.

Штангенциркуль Ш Ц Ц - 11 (рис. 3,а) предназначен для измерений наружных и внутренних размеров и разметочных работ. Пределы измерений этим типом штангенциркуля (150, 200, 320 мм) зависят от типоразмера. На штанге и рамке имеются губки для наружных 6 и 7 и внутренних 8 и 9 измерений. Наружные измерения могут выполняться как губками 6 и 7, так и губками 8 и 9. Остро заточенные концы губок 6 и 7 позволяют производить разметочные работы. Внутренние измерения выполняются только губками 8 и 9.

Штангенциркуль Ш Ц - 111 также предназначен для наружных и внутренних измерений. Этот тип имеет односторонние губки. Предел измерения до 2000 мм.

Кроме перечисленных, в производстве применяют выпущавшиеся ранее штангенциркули с точностью отсчета  $i=0,002$  мм.

Перед началом измерений производят проверку штангенциркуля — губки сдвигаются до полного соприкосновения и визуально проверяется отсутствие просвета между измерительными поверхностями, при этом должны совпадать нулевые штрихи основной шкалы и нониуса. У исправного инструмента при совпадении нулевых штрихов просвет между губками не должен превышать 3...6 мкм (наибольшее значение допускается для инструментов с величиной отсчета  $i = 0,1$  мм).

При измерении наружных размеров измеряемое изделие охватывают губками штангенциркуля, прижимая неподвижную губку прибора к одной из сторон измеряемой поверхности. Штангенциркуль следует держать рукой за штангу и большим пальцем этой же руки перемещать подвижную рамку до соприкосновения второй губки с противоположной стороной измеряемой поверхности, обеспечивая нормальное измерительное усилие 5...9 Н (при этом надо следить, чтобы инструмент не качался на детали). *Не разрешается проводить измерительными поверхностями вдоль изделия.* Застопорив подвижную рамку 4 винтом 5, снимают показания по шкалам прибора. При отсчете на шкалы следует смотреть прямо, а не под углом, чтобы не внести погрешность в отсчет.

При наличии микрометрической подачи винтом 3 стопорят хомутик 2, а вращением гайки 11 осуществляют точную доводку рамки 4 до измеряемой поверхности с соблюдением нормального измерительного усилия.

При измерении внутренних размеров штангенциркулем ШЦ-I используются малые губки, специально предназначенные для внутренних измерений и разметочных работ. Результат измерения определяется по шкалам прибора, как и при наружных измерениях.

У штангенциркулей типов ШЦ-II и ШЦ-III для измерения внутренних размеров используются наружные поверхности губок 8 и 9. При этом для определения результата измерения необходимо к показаниям по шкалам прибора прибавить размер толщины самих губок, величина которого маркируется на их лицевой стороне.

*Штангенглубиномеры* предназначены для измерения глубин пазов, отверстий и высот выступов (рис. 3, в). Конструктивное отличие штангенглубиномера от штангенциркуля заключается в том, что подвижные губки на рамке 4 выполнены в виде траверсы — основания 12, а неподвижные губки на штанге 1 отсутствуют. Измеряемый размер  $h$  у штангенглубиномера заключается между опорной поверхностью подвижного основания и торцом самой штанги. Для выполнения измерений опорная плоскость основания устанавливается на базовую поверхность (измерительную базу) детали, затем штанга опускается в отверстие или паз, глубину которых требуется измерить, до соприкосновения своим торцом с дном отверстия. Полученный размер определяют по основной шкале и нониусу.

Перед выполнением измерений производят проверку штангенглубиномера. При этом опорную плоскость основания устанавливают на поверочную плиту, а затем торец штанги также приводят в соприкосновение с этой плитой. В этом положении нулевые штрихи основной шкалы и нониуса должны совпадать.

## Лабораторная работа №2

### ПОВЕРКА ШТАНГЕНЦИРКУЛЯ

**Цель работы:** ознакомиться с рабочим средством измерения линейных размеров (штангенциркуль); получить навыки поверки штангенциркуля; составить локальную поверочную схему для средства измерений (СИ) линейных величин; произвести поверку СИ, определить погрешности и дать заключение о годности.

#### *Основные понятия*

*Поверка средства измерений, представляет из себя совокупность операций, выполняемых органами государственной метрологической службы (или другими уполномоченными на то органами, организациями) с целью определения и подтверждения соответствия средства измерений установленным техническим требованиям.*

Средства измерений, подлежащие метрологическому контролю и надзору, подвергаются поверке при выпуске из производства или ремонта, при продаже и выдаче на прокат, а также при эксплуатации.

Существуют следующие виды поверок.

*Первичная поверка* — проводится для средств измерений утвержденных типов при выпуске их из производства, после ремонта, а также при ввозе из-за границы. При утверждении типа средств измерений единичного производства на каждое из них оформляется сертификат об утверждении типа, и первичную поверку данные средства измерений не проходят.

*Периодическая поверка* — проводится для средств измерений, находящихся в эксплуатации, через определённые межповерочные интервалы.

*Внеочередная поверка* — проводится: при необходимости подтверждения пригодности средства измерений к применению; в случае применения средства измерений в качестве комплектующего по истечении половины межповерочного интервала; при отправке средств измерений потребителю после истечения половины межповерочного интервала; в случае повреждения

клейма или утери свидетельства о поверке; при вводе в эксплуатацию после длительной консервации (более одного межповерочного интервала).

*Экспертная поверка* — проводится в случае возникновения разногласий по вопросам, относящимся к метрологическим характеристикам, исправности средств измерений и пригодности их к применению.

*Инспекционная поверка* — осуществляется в рамках государственного надзора или ведомственного контроля, для контроля качества первичных или периодических поверок и определения пригодности средств измерений к применению.

Допускается применение четырех *методов поверки* (калибровки) средств измерений:

- непосредственное сличение с эталоном;
- сличение с помощью компаратора;
- прямые измерения величины;
- косвенные измерения величины.

*Метод непосредственного сличения* поверяемого (калибруемого) средства измерения с эталоном соответствующего разряда широко применяется для различных средств измерений в таких областях, как электрические и магнитные измерения, для определения напряжения, частоты, силы тока и т.п. Основу метода составляют одновременные измерения одной и той же физической величины поверяемым (калибруемым) и эталонным приборами.

*Метод сличения с помощью компаратора* основан на использовании специального прибора сравнения, с помощью которого сличаются поверяемое (калибруемое) и эталонное средства измерения.

*Метод прямых измерений* применяется, когда имеется непосредственная возможность сличить испытуемый прибор с эталонным в определенных пределах измерений.

*Метод косвенных измерений* применяется, когда действительные значения измеряемых величин невозможно определить прямыми измерениями либо когда косвенные измерения оказываются более точными, по сравнению с прямыми.

Для обеспечения точной передачи размеров единиц измерения от эталона к рабочим средствам измерения составляют **поверочные схемы**, устанавливающие метрологические соподчинения государственного эталона, разрядных эталонов и рабочих средств измерений.

*Поверочная схема – это утвержденный в установленном порядке документ, регламентирующий средства, методы и правильность передачи размера единицы физической величины от государственного эталона или исходного образцового средства измерений рабочим средствам измерений.*

Поверочные схемы бывают государственными и локальными.

*Государственная поверочная схема* устанавливает передачу информации о размере единицы в масштабах всей страны. Она возглавляется государственными или специальными эталонами.

*Локальные поверочные схемы* предназначены для метрологических служб министерств (ведомств) и юридических лиц. При этом все локальные поверочные схемы должны соответствовать требованиям соподчиненности, которая определена государственной поверочной схемой.

Государственная поверочная схема в общем виде представлена на рис. 4.



Рис. 4. Общий вид государственной поверочной схемы



При поверке средств измерений необходимо определить погрешности прибора и сравнить с допустимыми, которые устанавливаются в зависимости от их класса точности.

Погрешность прибора  $\Delta$ , представляет из себя, разность между, показанием прибора и истинным (действительным) значением измеряемой величины:

$$\Delta = A - X_{\text{ист}} \approx A - X_1,$$

где  $A$  - результат измерения;

$X_{\text{ист}}$  - истинное значение измеряемой величины;

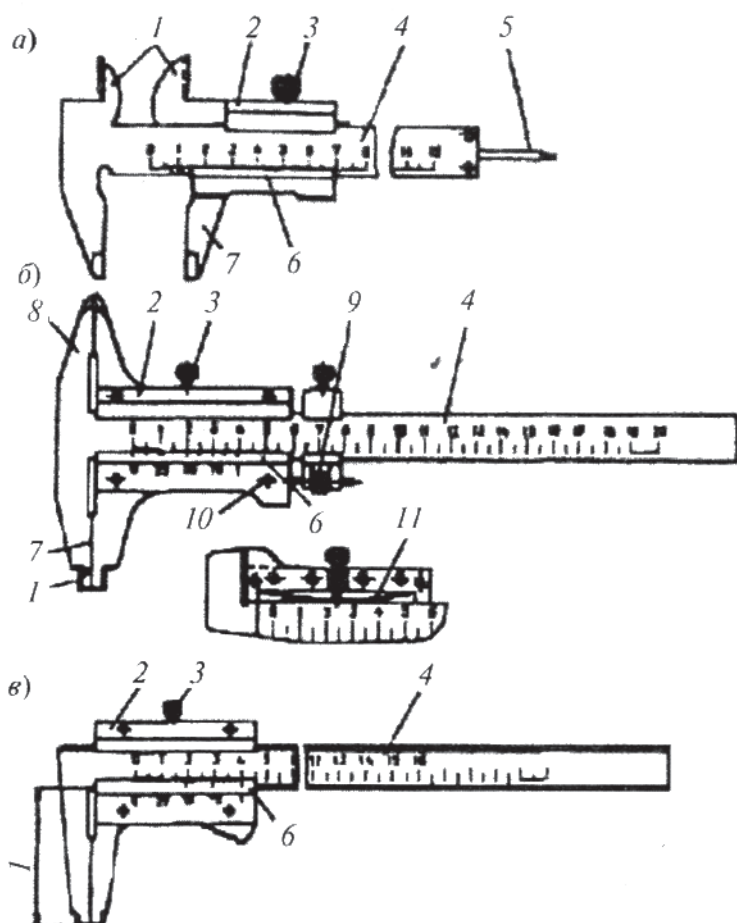
$X_1$  - действительное значение измеряемой величины.

### Поверка штангенциркуля

Штангенинструменты представляют собой две измерительные губки, одна из которых связана с направляющей штангой, имеющей основную шкалу, а другая – с подвижной рамкой, несущей нониус. Принцип действия нониуса основан на совмещении штрихов основной шкалы и шкалы нониуса. К штангенинструментам относятся штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмасы (штангенвысотомеры), штангензубомеры.

**Штангенциркули** выпускаются нескольких типов:

Ш Ц – I – двусторонние с глубиномером (рис. 5, а); Ш Ц Т – I – односторонние из твердого сплава; Ш Ц – II – двусторонние (рис. 5, б); Ш Ц – III – односторонние (рис. 5, в).



**Рис. 5.** Штангенциркули: *а* — ШЦ-I; *б* — ШЦ-II; *в* — ШЦ-III: 1 — губки для внутренних измерений; 2 — рамка; 3 — винт; 4 — штанга; 5 — ножка глубиномера; 6 — нониус; 7 — губки для наружных измерений; 8 — разметочные губки; 9 — микроподача; 10 — винты для крепления нониуса; 11 — пружина

Отсчетным устройством в штангенциркуле является *линейный нониус*, который позволяет отсчитывать дробные доли интервала делений основной шкалы. При измерении шкала но-

ниуса смещается относительно основной шкалы, и величину этого смещения определяют по положению нулевого штриха нониуса. Нулевое положение шкалы нониуса и положение при отсчете измеряемого размера для различных нониусов показаны на рис. 6.

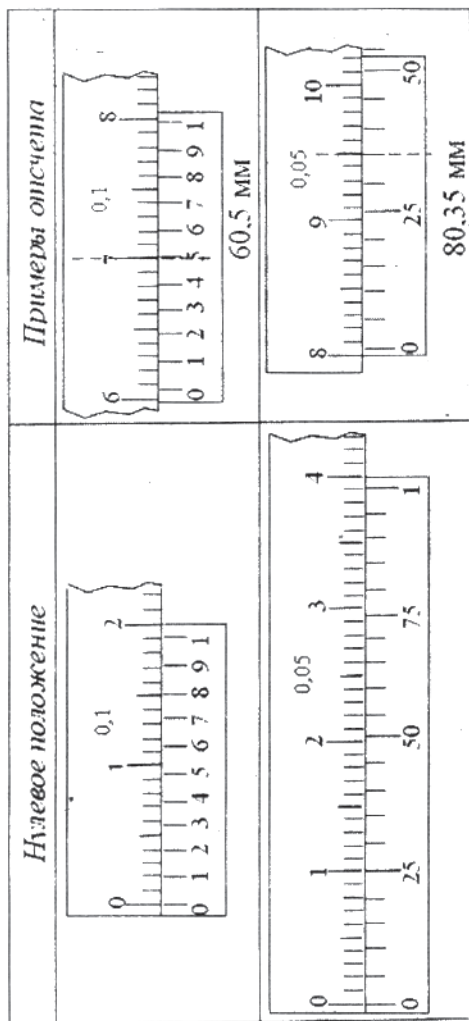


Рис.6

Отсчет измеряемой величины по шкале с нониусом складывается из отсчетов целых делений  $N$  на основной шкале и дробной части деления по шкале нониуса:

$$A = a \cdot N + C \cdot K,$$

где  $C$  – цена деления нониуса;

$K$  – штрих шкалы нониуса, совпадающий со штрихом основной шкалы;

$a$  – цена деления основной шкалы.

Проверка штангенциркуля проводится по ГОСТ 8.113 – 85. Штангенциркули. Метод проверки.

### ***Оборудование и принадлежности***

Для проверки штангенциркуля используется набор плоскопараллельных концевых мер длины пятого разряда по ГОСТ 9038 – 90 с погрешностью измерений  $\pm 0,002$  мм. Для определения отклонений от плоскостности и прямолинейности применяют лекальную линейку типа ЛД, класс точности I по ГОСТ 8026 – 92. Для определения отклонений от параллельности плоских измерительных поверхностей губок используют концевые меры длины и ролик диаметром 5,493 мм, класс точности по ГОСТ 2475 – 8. Для измерения губок применяют металлическую измерительную линейку ГОСТ 8026 – 92, для размера  $g$  губок – микрометр I класса по ГОСТ 6507 – 90.

### ***Порядок выполнения работы***

1. Произвести внешний осмотр. При внешнем осмотре должны быть установлены отчетливость и правильность оцифровки штрихов шкал, комплектность маркировки, наличие зажимного устройства для зажима рамки. Заметные дефекты (пятна, ржавчина, царапины, вмятины и т. д.), перекос края нониуса к штрихам шкалы штанги, препятствующий отсчету показаний – не допускаются.
2. Опробовать работу штангенциркуля. При этом проверяются плавность перемещения рамки вместе с микрометрической передачей на штанге, возможность продольного регулирования нониуса штангенциркулей ШЦ-II и ШЦ-III, возможность зажима рамки в любом положении в пределах

диапазона измерения.

3. Определить метрологические характеристики.

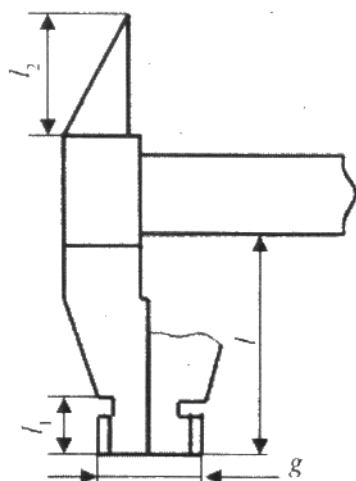


Рис. 7

В зависимости от типа поверяемого штангенциркуля определяют длину губок: для ШЦ-I определяют длину губок  $l$  и  $l_2$ , для ШЦ-II –  $l$ ,  $l_1$  и  $l_2$ , для ШЦ-III –  $l$  и  $l_1$  (рис. 7). Длину вылета губок определяют при помощи металлической измерительной линейки; длина вылета должна соответствовать значениям, установленным ГОСТ 166–89\* (табл. 1.1).

Отклонение от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей губок, а также торца штанги штангенциркуля ШЦ-I определяют лекальной линейкой. Ребро лекальной линейки устанавливают на проверяемую поверхность параллельно длинному ребру. Значение просвета определяют визуально – сравнением его с образцом для определения значения просвета (рис. 8). Отклонение не должно превышать значений, установленных ГОСТ 166 – 89\* (табл. 1.2).



Рис. 8. Образец для определения значений просвета: 1 – шкальная линейка; 2 – плоскопараллельные концевые меры длины; 3 – плоская стеклянная пластина; А, Б – значения просвета

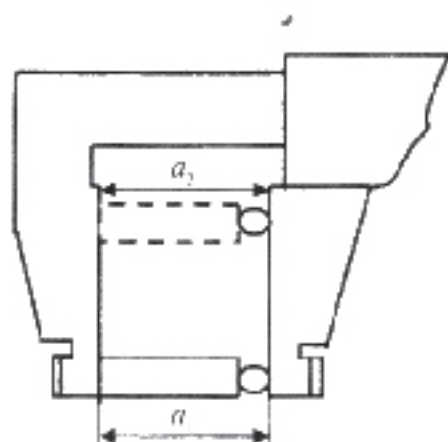


Рис. 9

Таблица 1.1

Пределы измерений, мм	$i$ , мм		$l_1$ , мм	$l_2$ , мм
	Допустимые значения по ГОСТ 165 – 89*			
	Не менее	Не более	Не менее	Не менее
0 – 125	35	40	16	-
0 – 160	45	50	6	16
0 – 200	50	63	8	20
0 – 250	60	80	10	25

Размер  $g$  (см. рис. 7) сдвинутых до соприкосновения губок для внутренних измерений на штангенциркулях ШЦ-I и ШЦ-II определяют микрометром при зажатом стопорном винте рамки. Размер указывается в маркировке. Отклонение от размера, указанного на штангенциркуле согласно ГОСТ 166 – 89\* не должно превышать  $\pm 0,003$  мм (табл. 1.2).

Нулевую установку штангенциркуля определяют при помощи концевой меры длины 1,05 мм, которую перемещают между измерительными поверхностями губок. Погрешность не должна превышать значений, установленных ГОСТ 166 – 89\* (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Наименование показателя		Значение отсчета по нониусу		
		0,05 мм	0,1 мм	
			1 класс	2 класс
		Допуск по ГОСТ 166 – 89*, мм		
Плоскостность и прямолинейность губок при длине измерительной поверхности	Не менее 40 мм	0,04		
	Не менее 70 мм		0,07	
Параллельность измерительных поверхностей губок		0,02/100	0,03/100	
Смещение нулевого штриха	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	
Размер $g$		$\pm 0,003$		
Погрешность измерения на участке шкалы, мм	0	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$
	Свыше 0 до 100		$\pm 0,06$	
	Свыше 100 до 200		$\pm 0,07$	
	Свыше 200 до 250		$\pm 0,08$	

Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей губок определяют при помощи концевых мер длины и ролика диаметром 5,493 мм (рис. 9) при трех положениях подвижной губки (по краям и в середине диапазона измерений). За отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей принимают наибольшую разность  $\Delta a = a_1 - a_2$  при каждом положении подвижной губки, которая не должна превышать значений, установленных ГОСТ 166 – 89\*.

Погрешность измерений штангенциркуля определяют по концевым мерам длины, которые помещают между измерительными поверхностями губок. Усилие сдвигания губок должно обеспечивать нормальное скольжение концевых мер по измерительным поверхностям губок при отпущенном стопорном винте рамки. Погрешность определяют в трех точках, равномерно расположенных по длине штанги и нониуса. Погрешность не должна превышать значений, установленных ГОСТ 166 – 89\* (табл. 1.2).

4. После выполнения всех измерений их результаты заносятся в таблицы отчета (прил. 2), и дается заключение о годности штангенциркуля.



## Лабораторная работа №3

### СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

*Цель работы:* ознакомление со статистическими методами оценки погрешностей изготовления и измерения и проведение статистического анализа (обработки) результатов измерений; определение доверительного интервала для математического ожидания результатов многократных измерений деталей; определение годности партии деталей по выборке.

#### Статистическая обработка результатов

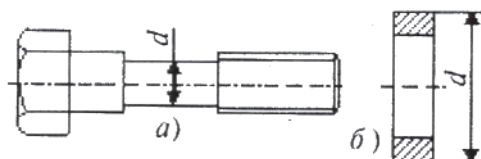


Рис. 10

По эскизам (рис. 10, а и б) выполнена партия деталей в количестве  $N = 25 - 30$  шт. Необходимо измерить действительные размеры гладкой части болтов (шайб) и провести статистическую обработку результатов измерений.

Статистическая обработка результатов измерений производится следующим образом. Располагая полученные действительные размеры  $d_{ii}$  в порядке возрастания их значений, получают ранжированный ряд случайных дискретных величин. Разность между наибольшим и наименьшим размерами определит величину диапазона рассеивания  $R$  действительных размеров

$$R = d_{1\max} - d_{1\min}.$$

Для упрощения расчетов разность между  $d_{1\max}$  и  $d_{1\min}$  разбивают на  $k$  интервалов (рекомендуется 7 – 12 интервалов). За-

давшись числом интервалов рассчитывают дискретный шаг интервалов по формуле

$$p = \frac{d_{l \max} - d_{l \min}}{k}$$

Полученное значение шага округляется до 0,01 мм, и по этому значению определяют окончательное количество интервалов. После этого подсчитывают число деталей ( $n_j$ ), имеющих размеры, находящиеся в пределах каждого интервала, а также их частоту  $n_j/(N-1)$ . Определяют среднее арифметическое значение действительных размеров

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i,$$

где  $N$  – общее количество измерений;

$x_i$  – значение  $i$ -го измерения.

Рассеяние значений случайных величин в выборке ( $N$ ) относительно эмпирического группирования (при  $N \leq 30$  шт.) характеризуется уточненным эмпирическим средним квадратическим отклонением, которое определяется по формуле

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{k}{\sum_{j=1}^k (\bar{X}_j - \bar{X})^2} \cdot \frac{n_j}{N-1}},$$

где  $\bar{X}_j$  – среднее арифметическое значение в  $j$ -й группе:

$$\bar{X}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{j=1}^{n_j} x_j.$$

По результатам выборки устанавливают границы, внутри которых с определенной вероятностью будет находиться математическое ожидание  $F(x)$  случайной величины  $x$ . Эти границы определяют доверительный интервал, который зависит от доверительной вероятности  $\beta$ .

В общем случае при малой выборке и различной доверительной вероятности доверительный интервал выразится как

$$\bar{X} - t_{\beta} \cdot \sigma_{\bar{x}} < F(x) < \bar{X} + t_{\beta} \cdot \sigma_{\bar{x}}, \quad (3.1)$$

где  $\sigma_{\bar{x}}$  – среднее квадратическое отклонение для распределения средних арифметических величин;

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\bar{S}}{\sqrt{N-1}}$$

$t_{\beta}$  – критерий Стьюдента, который для  $\beta = 0,9$  (90% – доверительная вероятность) при данном числе степеней свободы  $K$  приведен в табл. 3.1.

Таблица 3.1

$K$	15 – 16	17	18 – 20	21 – 22	23 – 27	28 – 30
$t_{\beta}$	1,75	1,74	1,73	1,72	1,71	1,70

### Порядок выполнения работы

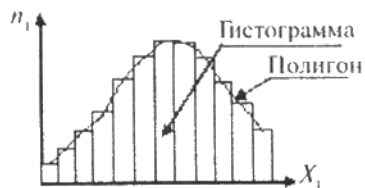
1. Преподаватель выдает микрометр и партию деталей, указывает номинальный размер измеряемых деталей.

2. По номинальному размеру и обозначению поля допуска по ГОСТ 25347 – 88 находят предельные отклонения и подсчитывают предельные размеры (наибольший и наименьший).

3. Строят поле допуска, на котором указывают предельные отклонения, номинальный, наибольший и наименьший предельные размеры.

4. Производят обмер деталей.

5. По экспериментальным данным строят гистограмму и эмпирическую кривую (полигон) распределения значений случайной величины. Масштаб гистограммы при этом выбирают таким, чтобы ее высота относилась к основанию примерно, как 5 : 8 (рис. 11).



**Рис. 11**

6. Проводят статистическую обработку результатов измерений, которая заключается в определении доверительного интервала для  $F(x)$  по формуле (3.1) при  $\beta = 0,90$ .

7. Заключение о годности партии деталей дается по данной выборке, путем сравнения границы доверительного интервала с границами заданного поля допуска. Если границы доверительного интервала не выходят за пределы поля допуска, то партия деталей считается годной с доверительной вероятностью  $\beta$ .

## Лабораторная работа № 4

### ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРЯЖЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И ПОДБОР ПОСАДКИ

#### **Цель работы:**

Исследовать сопряжение двух деталей и подобрать для данного сопряжения стандартную посадку.

#### **Оборудование и принадлежности:**

1. Исследуемое сопряжение;
2. Средства измерения: микрометры гладкие (тип МК, ГОСТ 6507-78), нутромеры индикаторные (тип НИ, ГОСТ 868-82), штангенциркуль (тип ЩЦ, ГОСТ 166-80).

#### **Теоретические сведения:**

Подбор посадки сопряженных деталей осуществляется в соответствии со стандартами ЕСДП 25346-82 «Общие положения, ряды допусков и основных отклонений» и 25347-82 «Поля допусков и рекомендуемые посадки».

При исследовании сопряжения деталей необходимо определить:

- предельные действительные размеры вала и отверстия;
- номинальный размер сопряжения;
- средний измеренный зазор  $S_m^{\text{изм}}$  (или средний измеренный натяг  $N_m^{\text{изм}}$ ) и допуск посадки  $TS^{\text{изм}}$  (или  $TN^{\text{изм}}$ ).

Посадка должна обеспечить в исследуемом сопряжении зазор  $S$  (или натяг  $N$ ) с доверительной вероятностью  $P \geq 95\%$ :

$$S = S_m^{\text{изм}} + \frac{TS^{\text{изм}}}{2}, \text{ мкм} \quad (N = N_m^{\text{изм}} + \frac{TN^{\text{изм}}}{2}, \text{ мкм}),$$

где  $TS^{\text{изм}}$  ( $TN^{\text{изм}}$ ) – измеренный допуск посадки с зазором (натягом), мкм.

При подборе посадки принимается нормальный закон распределения размеров отверстий и валов.

*Порядок выполнения работы:*

1. Произвести предварительное измерение диаметров вала и отверстия штангенциркулем и, с учетом состояния сопряженных поверхностей, выбрать средства измерения. Характеристики выбранных измерительных приборов занести в таблицу отчета.

2. Согласно схеме измерения (рис. 12,а) произвести измерения диаметра посадочной поверхности вала в трех сечениях (I, II, III) по двум взаимно-перпендикулярным направлениям (а-а и б-б). Результаты измерений занести в таблицу отчета.

3. Согласно схеме измерения (рис. 12,б) произвести измерение диаметра посадочной поверхности отверстия, аналогично измерениям вала. Результаты измерений занести в таблицу отчета.

4. Назначить номинальные размеры соединения по ГОСТ 8032-84.

5. Определить действительные предельные размеры диаметров сопряженных поверхностей и действительные предельные отклонения этих размеров.

6. Выполнить эскизы деталей, составляющих соединение. Проставить номинальные размеры и действительные предельные отклонения размеров вала и отверстия (рис. 13).

7. По стандартам ЕСДП подобрать подходящую для данного соединения посадку (с доверительной вероятностью 95 %).

8. Построить в масштабе схемы расположения полей допусков измеренного сопряжения и подобранной стандартной посадки (рис. 14).

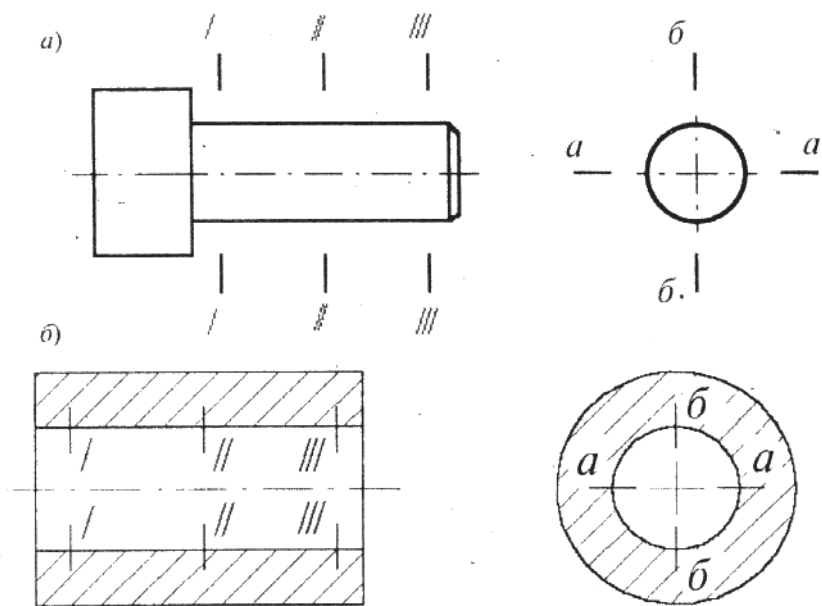


Рис. 12

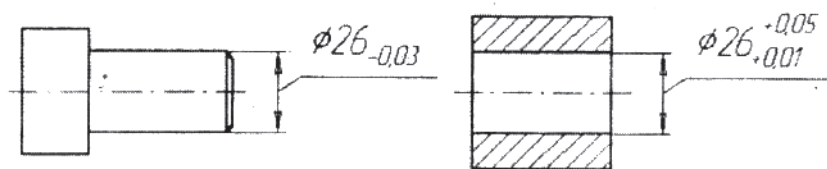


Рис. 13

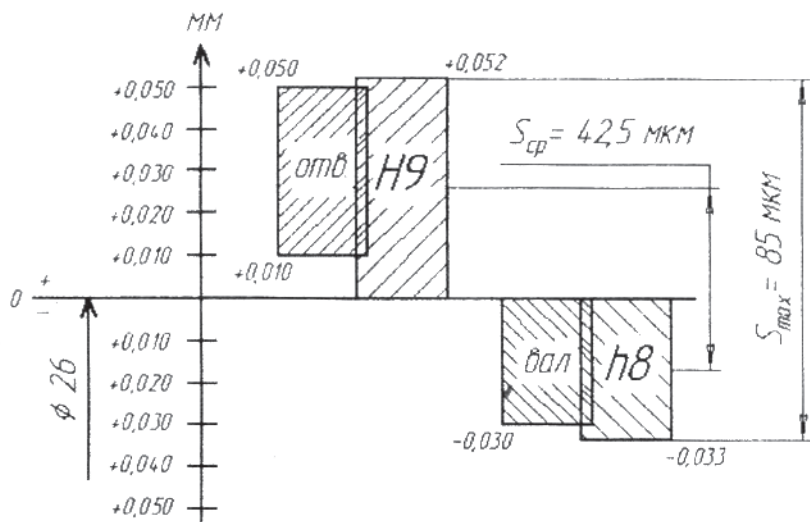


Рис. 14

### Пример подбора посадки с натягом

По результатам экспериментальных исследований диаметров вала и отверстия были определены их максимальные и минимальные диаметры:

Для отверстия  $D_{\max}^{\text{изм}} = 26,050$  мм,  $D_{\min}^{\text{изм}} = 26,010$  мм.

Для вала  $d_{\max}^{\text{изм}} = 26,000$  мм,  $d_{\min}^{\text{изм}} = 25,970$  мм.

По ГОСТ 8032–84 принимаем номинальный размер соединения  $\varnothing 26$  мм, т. е.  $D = d = 26$  мм.

Предельные отклонения измеренных размеров отверстия:

Верхнее  $TS^{\text{изм}} = D_{\max}^{\text{изм}} - D = 26,050 - 26 = 0,050$  мм = 50 мкм

Нижнее  $EI^{\text{изм}} = D_{\min}^{\text{изм}} - D = 26,010 - 26 = 0,010$  мм = 10 мкм.

Предельные отклонения измеренных размеров вала:

Верхнее  $es^{\text{изм}} = d_{\max}^{\text{изм}} - d = 26 - 26 = 0$  мм = 0 мкм

Нижнее  $ei^{\text{изм}} = d_{\min}^{\text{изм}} - d = 25,970 - 26 = -0,030$  мм = -30 мкм.

Измеренный зазор в сопряжении:

максимальный  $S_{\max}^{\text{изм}} = D_{\max}^{\text{изм}} - d_{\min}^{\text{изм}} = 26,050 - 25,970 = 0,08$  мм = 80 мкм



минимальный  $S_{\min}^{\text{изм}} = D_{\min}^{\text{изм}} - d_{\max}^{\text{изм}} = 26,010 - 26 = 0,010 \text{ мм} = 10 \text{ мкм}$ .

Средний измеренный зазор в сопряжении:

$$S_m^{\text{изм}} = \frac{S_{\max}^{\text{изм}} + S_{\min}^{\text{изм}}}{2} = \frac{80 + 10}{2} = 45 \text{ мкм}.$$

Измеренный допуск посадки:

$$TS^{\text{изм}} = S_{\max}^{\text{изм}} - S_{\min}^{\text{изм}} = 80 - 10 = 70 \text{ мкм}.$$

Подбор посадки для имеющегося соединения должен быть произведен таким образом, чтобы стандартные поля допусков отверстия и вала незначительно «перекрывали» по высоте измеренные поля допусков отверстия и вала (т.е. для отверстия, например, отклонения  $EI \leq EI^{\text{изм}}$ ,  $ES^{\text{изм}} \leq ES$ ).

Просматривая значения основных отклонений валов и отверстий (прил. 7) принимаем для отверстия поле допуска  $H$ , для которого основное нижнее отклонение  $EI = 0 \text{ мкм}$  (условие  $EI \leq EI^{\text{изм}} = 10 \text{ мкм}$  выполняется).

При изготовлении детали по 8-му качеству допуск на размер  $ITD = 33 \text{ мкм}$  (прил. 6, интервал размеров свыше 18 до 30). Тогда верхнее отклонение  $ES = EI + ITD = 0 + 33 = 33 \text{ мкм}$ . Однако при этом необходимое условие не выполняется (поскольку  $ES^{\text{изм}} = 50 \text{ мкм}$ ).

Принимаем 9-й квалитет изготовления детали. Допуск на размер  $ITD = 52 \text{ мкм}$  (прил. 6, интервал размеров свыше 18 до 30). Тогда верхнее отклонение  $ES = EI + ITD = 0 + 52 = 52 \text{ мкм}$ . Условие  $ES^{\text{изм}} \leq ES$  выполнено. Стандартное поле допуска отверстия «перекрыло» измеренное поле допуска (рис. 14). Таким образом, отверстие изготавливается по размеру  $26H9$ .

Аналогично подбираем поле допуска для вала. Принимаем для вала поле допуска  $h$ . Основное верхнее отклонение вала  $es = 0 \text{ мкм}$  (прил. 7). При изготовлении детали по 8-му качеству допуск на размер  $ITD = 33 \text{ мкм}$  (прил. 6, интервал размеров свыше 18 до 30). Тогда нижнее отклонение вала  $ei = es - ITD = 0 - 33 = -33 \text{ мкм}$ . Стандартное поле допуска вала «перекрыло» измеренное поле допуска (рис. 14). Таким образом, вал изготавливается по размеру  $26h8$ .

Посадка  $\varnothing 26 \frac{H9}{h8}$ .

Максимальные и минимальные диаметры:  
для отверстия  $D_{\max} = 26,052$  мм,  $D_{\min} = 26,000$  мм.

для вала  $d_{\max} = 26,000$  мм,  $d_{\min} = 25,967$  мм.

Зазоры в сопряжении:

максимальный  $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 26,052 - 25,967 = 0,085$  мм =  
= 85 мкм

минимальный  $S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 26 - 26 = 0$  мм = 0 мкм.

Допуск посадки:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 85 - 0 = 85 \text{ мкм.}$$

Средний зазор в сопряжении:

$$S_m = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} = \frac{85 + 0}{2} = 42,5 \text{ мкм.}$$

Исходя из предположения о нормальном законе распределения размеров отверстий и валов, величина среднеквадратичного отклонения зазора определится по зависимости:

$$\sigma = \frac{S_{\max} - S_m}{3} = \frac{85 - 42,5}{3} = 14,17 \text{ мкм}$$

Вероятность нахождения требуемого зазора посадки в пределах  $S_{\min}^{\text{ИЗМ}} \leq S \leq S_{\max}^{\text{ИЗМ}}$  (т.е.  $10 \leq S \leq 80$  мкм) определится по выражению:

$$P(S) = \Phi(Z_2) - \Phi(Z_1),$$

где параметры функции Лапласа

$$Z_2 = \frac{S_{\max}^{\text{ИЗМ}} - S_m}{\sigma} = \frac{80 - 42,5}{14,17} = 2,65$$

$$Z_1 = \frac{S_{\min}^{\text{ИЗМ}} - S_m}{\sigma} = \frac{10 - 42,5}{14,17} = -2,29.$$

По прил. 3 определяем значения функции Лапласа:

$$\Phi(2,65) = 0,4960 \quad \Phi(-2,29) = -0,4890.$$

Тогда вероятность  $P(S) = 0,4960 - (-0,4890) = 0,985$ .

Т.е. подобранная посадка обеспечивает (с доверительной вероятностью  $P = 98,5\%$ ) в исследуемом сопряжении зазор  $S$ :

$$S = S_m^{\text{ИЗМ}} \pm \frac{TS^{\text{ИЗМ}}}{2} = 45 \pm \frac{70}{2} \text{ мкм.}$$

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

Отчет по лабораторной работе №1

#### Определение размеров вала методом непосредственной оценки

1. Эскиз детали:

2. Выбор средств измерения диаметра и длины ступени вала

№ п/п	Измеряемый размер с отклонениями (по чертежу), мм	Наименование и тип (модель) средства измерения	Пределы измерения, мм	Цена деления шкалы, мм	Предельная погрешность измерения, мм
1	$L_1 =$				
2	$L_2 =$				
3	$d_1 =$				
4	$d_2 =$				

3. Схема измерений:

4. Результаты измерений:

4.1. Длина ступени вала

Измеряемый размер	Результаты трех измерений, мм				Действительное отклонение
	1	2	3	Среднее	
$L_1$					
$L_2$					

4.2. Диаметр первой ступени вала

По схеме измерений		Результаты трёх измерений, мм				Отклонение формы поверхности	
Сечение	Направление	1	2	3	Среднее	От круглости	От цилиндричности
I-I	1-1						
	2-2						
II-II	1-1						
	2-2						
III-III	1-1						
	2-2						

#### 4.3. Диаметр второй ступени вала

По схеме измерений		Результаты трех измерений, мм				Отклонение формы поверхности	
Сечение	Направление	1	2	3	Среднее	От круглости	От цилиндричности
I-I	1-1						
	2-2						
II-II	1-1						
	2-2						
III-III	1-1						
	2-2						

#### 4.4. Радиальное биение

Ступень вала	Разность отсчетов по шкале индикатора в сечениях ступени вала ( в делениях)				Цена деления индикатора, мм	Радиальное биение, мм	Допуск радиального биения по чертежу, мм
	I-I	II-II	III-III	Среднее			
1							
2							

5. Схемы расположения полей допусков на размеры диаметров ступеней вала:

6. Вывод:

Работа выполнена « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Студент \_\_\_\_\_ Шифр \_\_\_\_\_  
(Фамилия, И. О.)

Преподаватель \_\_\_\_\_ (подпись)  
(Фамилия, И. О.)

## Приложение 2

### Отчет по лабораторной работе №2 Поверка штангенциркуля

1. Цель работы:

2. Данные штангенциркуля

Наименование прибора	Завод – изготовитель	Пределы измерения	Величина отсчета по нониусу	Цена деления основной шкалы	Длина нониуса	Число делений нониуса	Класс точности

3. Результаты внешнего осмотра и работы штангенциркуля:

#### 4. Размеры губок

Наименование показателя	Допуск по ГОСТ 166 – 89*	Измеренное значение, мм	Заключение о годности
Длина губок, мм	$l$		
	$l_1$		
	$l_2$		
Плоскостность и прямолинейность губок			
Размер $g$ губок			
Смещение нулевого штриха			

#### 5. Отклонение от параллельности губок

Точка на шкале штанги	Допуск по ГОСТ 166 – 89*	Размер, мм		Абсолютная погрешность $\Delta_a = a_1 - a_2$ , мм	Заключение о годности
		$a_1$	$a_2$		
Начало шкалы					
Середина шкалы					
Конец шкалы					



## 6. Погрешность показаний штангенциркуля

Точка на шкале штанги	Допуск по ГОСТ 166 – 89*	Размер блока концевых мер $l_m$ , мм	Показания штангенциркуля $l_p$ , мм	Абсолютная погрешность $\Delta l = l_m - l_p$ , мм	Заключение о годности
Начало шкалы					
Середина шкалы					
Конец шкалы					

## 7. Вывод:

Работа выполнена « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Студент \_\_\_\_\_ Шифр \_\_\_\_\_  
(Фамилия, И. О.)

Преподаватель \_\_\_\_\_  
(Фамилия, И. О.) (подпись)

### Приложение 3

## Отчет по лабораторной работе №3 Статистическая обработка результатов измерений

1. Цель работы:

2. Измерительный прибор:

3. Номинальный размер измеряемых деталей:  $d_n =$

4. Предельные отклонения:  $es =$

$ei =$

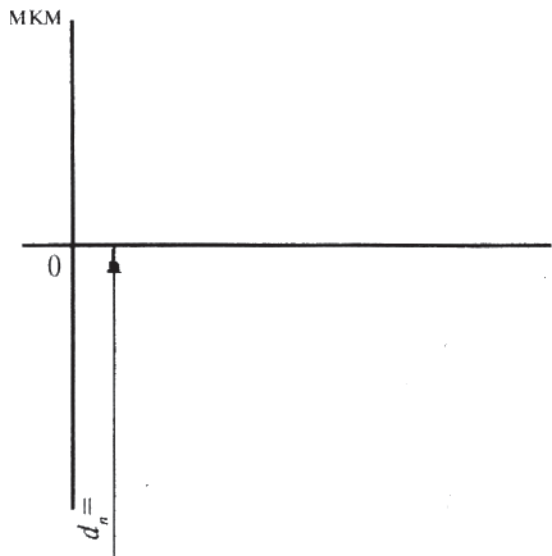
Предельные размеры:

$d_{\max} =$

$d_{\min} =$

5. Эскиз детали:

6. Схема расположения поля допуска:



### 7. Результаты измерений

Измеренный размер $d_i$ , мм		Ранжированный ряд измеренных значений $d_i$ , мм	Среднее значение интервала $\bar{X}_j$ , мм	Число деталей в интервале $n_j$ , шт	Отклонение от среднего значения $V_i = \bar{X}_j - \bar{X}$ , мм	Частость $n_j/(N-1)$
1	2	3	4	5	6	7
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						

Окончание

1	2	3	4	5	6	7
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
		$\bar{X} =$			$N =$	

8. Гистограмма и эмпирическая кривая распределения случайных величин:



9. Статистическая обработка результатов измерений:

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{k}{\sum_{i=1}^k (\bar{X}_j - \bar{X})^2 \cdot \frac{n_j}{N-1}}}$$

$$\sigma_x = \frac{\bar{S}}{\sqrt{N-1}} =$$

$t_{\delta} =$  (принимается по табл. 3.1, где  $K=N-1$ )

Доверительный интервал

$$F(x) \geq \bar{X} - t_{\delta} \cdot \sigma_{\bar{X}} =$$

$$F(x) \leq \bar{X} + t_{\delta} \cdot \sigma_{\bar{X}} =$$

10. Вывод:

Работа выполнена « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Студент \_\_\_\_\_ Шифр \_\_\_\_\_  
(Фамилия, И. О.)

Преподаватель \_\_\_\_\_  
(Фамилия, И. О.) (подпись- \_\_\_\_\_)

Приложение 4

Отчет по лабораторной работе № 4  
**ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРЯЖЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ  
 И ПОДБОР ПОСАДКИ**

1. Диаметр соединения, определенный с помощью штангенциркуля:  
 $\varnothing$  мм

2. Результаты измерения:

Деталь	Прибор, цена деления	По схеме измерения		Результат измерения	Значения максимальных и минимальных диаметров, мм		Предельные отклонения размеров, мкм	
		Сечение	Направление		$d_{\text{изм}}^{\text{max}}$	$d_{\text{изм}}^{\text{min}}$	$e_{\text{S}}^{\text{изм}}$	$e_{\text{I}}^{\text{изм}}$
Вал		I-I	a-a		$d_{\text{изм}}^{\text{max}}$	$d_{\text{изм}}^{\text{min}}$	$e_{\text{S}}^{\text{изм}}$	$e_{\text{I}}^{\text{изм}}$
			b-b					
		II-II	a-a					
			b-b					
		III-III	a-a					
			b-b					
Отверстие		I-I	a-a		$D_{\text{изм}}^{\text{max}}$	$D_{\text{изм}}^{\text{min}}$	$E_{\text{S}}^{\text{изм}}$	$E_{\text{I}}^{\text{изм}}$
			b-b					
		II-II	a-a					
			b-b					
		III-III	a-a					
			b-b					

Номинальный размер соединения, назначенный по ГОСТ 8032-84:  
 $D = d =$  мм.

3. Эскизы вала и отверстия:

4. Измеренный зазор в сопряжении:

$$\text{максимальный } S_{\max}^{\text{изм}} = D_{\max}^{\text{изм}} - d_{\min}^{\text{изм}} =$$

МКМ.

$$\text{минимальный } S_{\min}^{\text{изм}} = D_{\min}^{\text{изм}} - d_{\max}^{\text{изм}} =$$

МКМ.

5. Средний измеренный зазор в сопряжении:

$$S_{\text{ср}}^{\text{изм}} = \frac{S_{\max}^{\text{изм}} + S_{\min}^{\text{изм}}}{2} =$$

6. Измеренный допуск посадки:

$$TS^{\text{изм}} = S_{\max}^{\text{изм}} - S_{\min}^{\text{изм}} =$$

МКМ.

### 7. Подбор посадки:

Посадка				Параметры				Зазоры (натяги), МКМ	Среднеквадр. откл.	Параметры функции Лапласа	Значения функции Лапласа	Вероятность
Вала		Отверстия										
$es$ , МКМ		$ES$ , МКМ		$S_{\max}(N_{\max})$		$\sigma$ , МКМ		$Z_1$				
$ei$ , МКМ		$EI$ , МКМ		$S_{\min}(N_{\min})$				$Z_2$				
$d_{\max}$ , ММ		$D_{\max}$ , ММ		$S_m(N_m)$					$\Phi(Z_2)$			
$d_{\min}$ , ММ		$D_{\min}$ , ММ							$\Phi(Z_1)$			
									$P(S)$ или $P(N)$			

8. Подобранный посадка обеспечивает (с доверительной вероятностью  $P = \%$ ) в исследуемом сопряжении зазор  $S$ :

$$S = S_m^{\text{изм}} \pm \frac{TS^{\text{изм}}}{2} = \text{МКМ.}$$



9. Схема расположения полей допусков выбранной посадки:

Работа выполнена « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Студент \_\_\_\_\_ Шифр \_\_\_\_\_  
(Фамилия, И. О.)

Преподаватель \_\_\_\_\_ (подпись)  
(Фамилия, И. О.)

Приложение 5

Значения функции Лапласа  $\Phi(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^Z e^{-\frac{1}{2}z^2} dz$

Z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,0	000	040	080	120	160	199	239	279	319	359
0,1	0396	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0753
0,2	0793	0832	0871	0910	0948	0987	1026	1064	1103	1141
0,3	1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
0,4	1554	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0,5	1915	1950	1985	2019	2054	2088	2123	2157	2190	2224
0,6	2257	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2517	2549
0,7	2580	2611	2642	2673	2703	2734	2764	2794	2823	2852
0,8	2881	2910	2939	2967	2995	3023	3051	3078	3106	3133
0,9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1,0	3413	3438	3461	3485	3508	3531	3554	3577	3599	3621
1,1	3643	3665	3686	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1,2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1,3	4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1,4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1,5	4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4429	4441
1,6	4452	4463	4474	4484	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1,7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4623
1,8	4641	4649	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4699	4706
1,9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4756	4761	4767
2,0	4772	4778	4783	4788	4793	4798	4803	4808	4813	4817
2,1	4821	4826	4830	4834	4838	4842	4846	4850	4854	4857
2,2	4861	4864	4868	4871	4874	4878	4881	4884	4887	4890
2,3	4893	4896	4898	4901	4904	4906	4909	4911	4913	4916

Окончание

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2,4	4918	4920	4922	4925	4927	4929	4931	4932	4934	4936
2,5	4938	4940	4941	4943	4945	4946	4948	4949	4951	4952
2,6	4953	4955	4956	4957	4959	4960	4961	4962	4963	4964
2,7	4965	4966	4967	4968	4969	4970	4971	4972	4973	4974
2,8	4974	4975	4976	4977	4977	4978	4979	4979	4980	4981
2,9	4981	4982	4982	4983	4984	4984	4985	4985	4986	4986
3,0	4986									
3,5	4998									
4,0	4999									

**Пример:** При  $Z = 2,5$  значение функции Лапласа  $\Phi(Z) = 0,4938$ .  
При  $Z = 2,51$  значение функции Лапласа  $\Phi(Z) = 0,4940$ .

## Допуски, в мкм, качественгов ЕСДП

Классы точности ЕСДП	Интервалы номинальных размеров, мм																
	Свыше 0,3 до 0,6	Свыше 0,6 до 1	Свыше 1 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 260	Свыше 260 до 315	Свыше 315 до 360	Свыше 360 до 400	Свыше 400 до 500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
4	3	3	4	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18			
5	4	4	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25			
6	6	6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36			
7	10	10	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57			
8	14	14	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89			
9	25	25	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140			
10	40	40	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230			
11	60	60	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360			
12	100	100	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570			
13	140	140	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890			

Окончание

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
14	250	250	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
15	400	400	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2500
16	600	600	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200	3600	4000
17	1000	1000	1000	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600	5200	5700	6300

## Значения основных отклонений валов и отверстий, мкм

Номинальные размеры, мм		Основные (верхние) отклонения валов ( <i>es</i> со знаком «минус»)															
Свыше	До	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>cd</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>ef</i>	<i>f</i>	<i>fg</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>j5j6</i>	<i>J7</i>	-	-	<i>js</i>
		Основные (нижние) отклонения отверстий ( <i>EI</i> со знаком «плюс»)															
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>CD</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>EF</i>	<i>F</i>	<i>FG</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	-	-	<i>J6</i>	<i>J7</i>	<i>Js</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
-	3	270	140	60	34	20	14	10	6	4	2	0	2	4	2	4	
3	6	270	140	70	46	30	20	14	10	6	4	0	2	4	5	6	
6	10	280	150	80	56	40	25	18	13	8	5	0	2	5	5	8	
10	14	290	150	95	-	50	32	-	16	-	6	0	3	6	6	10	
14	18																
18	24	300	160	100	-	65	40	-	20	-	7	0	4	8	8	12	
24	30																
30	40	310	170	120	-	80	50	-	25	-	9	0	5	10	10	14	
40	50	320	180	130													
50	65	340	190	140	-	100	60	-	30	-	10	0	7	12	13	18	
65	80	360	200	150													

Пределы отклонения размеров по  $\pm IT/2$

Номиналь- ные размеры, мм	Основные (верхние) отклонения валов ( $e_s$ со знаком «минус»)													
	$a$	$b$	$c$	$cd$	$d$	$e$	$ef$	$f$	$fg$	$g$	$h$	$js$	$js$	
Свыше	Основные (нижние) отклонения отверстий ( $EI$ со знаком «плюс»)													
	$A$	$B$	$C$	$CD$	$D$	$E$	$EF$	$F$	$FG$	$G$	$H$	$J6$	$J7$	$J_s$
80	380	220	170	-	120	72	-	36	-	12	0	15	16	22
100	410	240	180											
120	460	260	200	-	145	85	-	43	-	14	0	18	18	26
140	520	280	210											
160	580	310	230											
180	660	340	240	-	170	100	-	50	-	15	0	21	22	30
200	740	380	260											
225	820	420	280											
250	920	480	300	-	190	110	-	56	-	17	0	25	26	36
280	1050	540	330											
315	1200	600	360	-	210	125	-	62	-	18	0	28	29	39
355	1350	680	400											
400	1500	760	440	-	230	135	-	68	-	20	0	32	33	43
450	1650	840	480											

Номинальные размеры, мм		Основные (нижние) отклонения валов (ei со знаком «плюс»)															
		k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc	
Свыше		Основные (верхние) отклонения отверстий (ES со знаком «минус»)															
	До	-	-	-	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	Za	Zb	Zc	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
-	3	0	2	4	6	10	14	-	18	-	20	-	26	32	40	60	
3	6	1	4	8	12	15	19	-	23	-	28	-	35	42	50	80	
6	10	1	6	10	15	19	23	-	28	-	34	-	42	52	67	97	
10	14	1	7	12	18	23	28	-	33	-	40	-	50	64	90	130	
14	18									39	45	-	60	77	108	150	
18	24	2	8	15	22	28	35	-	41	47	54	63	73	98	136	188	
24	30							41	48	55	64	75	88	118	160	218	
30	40	2	9	17	26	34	43	48	60	68	80	94	112	148	200	274	
40	50							54	70	81	97	114	136	180	242	325	
50	65	2	11	20	32	41	53	66	87	102	122	144	172	226	300	405	
65	80					43	59	75	102	120	146	174	210	274	360	480	
80	100	3	13	23	37	51	71	91	124	146	178	214	258	335	445	585	
100	120					54	79	104	144	172	210	254	310	400	525	690	



Номинальные размеры, мм		Основные (нижние) отклонения валов (ei со знаком «плюс»)														
		k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
Свыше		Основные (верхние) отклонения отверстий (ES со знаком «минус»)														
	До	-	-	-	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	Za	Zb	Zc
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
120	140	3	15	27	43	63	92	122	170	202	248	300	365	470	620	800
140	160					65	100	134	190	228	280	340	415	535	700	900
160	180					68	108	146	210	252	310	280	465	600	780	1000
180	200	4	17	31	50	77	122	166	236	284	350	425	520	670	880	1150
200	225					80	130	180	258	310	285	470	575	740	960	1250
225	250					84	140	196	284	340	425	520	640	820	1050	1350
250	280	4	20	34	56	94	158	218	315	385	475	580	710	920	1200	1550
280	315					98	170	240	350	425	525	650	790	1000	1300	1700
315	355	4	21	37	62	108	190	268	390	475	590	730	900	1150	1500	1900
355	400					114	208	294	435	530	660	820	1000	1300	1650	2100
400	450	5	23	40	68	126	232	330	490	595	740	920	1100	1450	1850	2400
450	500					132	252	360	540	660	820	1000	1250	1600	2100	2600

## Список литературы

1. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184 – ФЗ «О техническом регулировании».
2. Радкевич Я.М., Схиртладзе А.Г., Лактионов Б.И. Метрология, стандартизация и сертификация. – М.: Высшая школа, 2004.
3. Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация. – М.:»Логос», 2001.
4. Шишкин И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством: Учеб. для вузов/ Под ред. акад. Н.С.Соломенко. – М.: Издательство стандартов, 1990.
5. Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. – М.: Высшая школа, 2002.
6. Белкин И.М. Допуски и посадки. – М.: Машиностроение, 1992.
7. Васильев А.В., Маштаков А.П. Метрология, стандартизация и сертификация. Задания на контрольные работы №1 и 2 для студентов IV курса спец. Т, В, СМ, ЭПС. – М.: РГОТУПС, 2004.
8. Васильев А.В., Мицкевич В.Г. Допуски и посадки. Учебное пособие по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация». – М.: РГОТУПС, 2005.
9. Богомолов Ю.А. Основы метрологии / Ю.А. Богомолов, Т.М. Полховская, М.Н. Филиппов. – М.: МИСИСЮ, 2000.

## Метрология, стандартизация и сертификация

Методические указания  
по выполнению лабораторных работ

Редактор *Д. Н. Тихонычев*  
Корректор *В. В. Игнатова*  
Компьютерная верстка *А. Ю. Байкова*

---

Тип. зак. *593*

Подписано в печать 09.06.11    Гарнитура NewtonC

Усл. печ. л. 3,75

Тираж 200 экз.

Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>

---

Редакционный отдел  
Информационно-методического управления РОАТ,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати  
Информационно-методического управления РОАТ,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2