

16/4/10

Утверждено
деканом факультета
«Транспортные средства»

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
для студентов IV курса

специальностей

190301 (150700) ЛОКОМОТИВЫ (Т)

190302 (150800) ВАГОНЫ (В)

190303 (181400) ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ ЖЕЛЕЗНЫХ
ДОРОГ (ЭПС)

190205 (170900) ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ, СТРОИТЕЛЬ-
НЫЕ, ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ (СМ)



Москва – 2005

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ВАЛА МЕТОДОМ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ (прямые абсолютные измерения универсальными средствами измерения)

Методические указания составлены в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки инженера путей сообщения по специальностям 190301 (150700), 190302 (150800), 190303 (181400) и инженера по специальности 190205 (170900) на основе программы по дисциплине «Метрология, стандартизация и управление качеством» для инженерных специальностей вузов, утвержденной Главным учебно-методическим управлением высшего образования 29.09.88 г. Индекс ГУМУ – 16/1.

С о с т а в и т е л и : доц. А.В. Васильев;
канд. техн. наук, доц. Д.В. Доль;
канд. техн. наук, доц. А.А. Платонов

Р е ц е н з е н т — канд. техн. наук, доц. Н.Г. Ефремов

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: $\Delta = L_d - L$ [мм], где L_d — *действительный* (средний измеренный) размер длины 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 взаимно-перпендикулярных направлениях. *Все измерения повторяют три раза.* Результаты измерений заносят в таблицы отчета.

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!

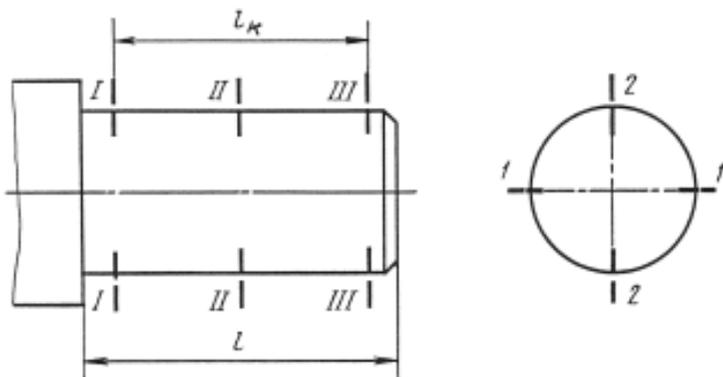
6. Определить вид и величину отклонения формы поверхности в поперечном сечении (овальность) и профиля продольного сечения (конусность, корсетность, бочкообразность) (рис. 2).

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.



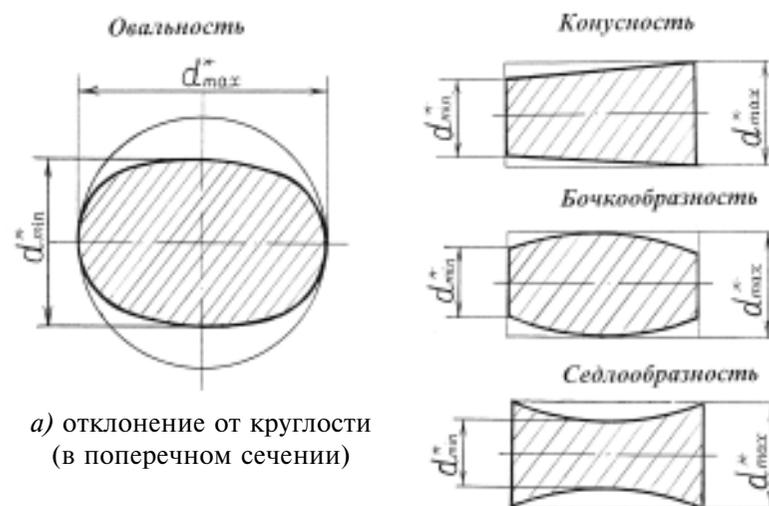
I-I, II-II, III-III — сечения; 1-1 и 2-2 — направления измерений

Рис. 1. Схема измерения диаметра вала

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, умно-



а) отклонение от круглости (в поперечном сечении)

б) отклонение от цилиндричности (отклонение от профиля продольного сечения)

Рис. 2. Отклонения формы цилиндрических поверхностей

женная 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, з) 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 ± 5 мкм (для микрометров с пределом измерения 0–25 мм) до ± 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.

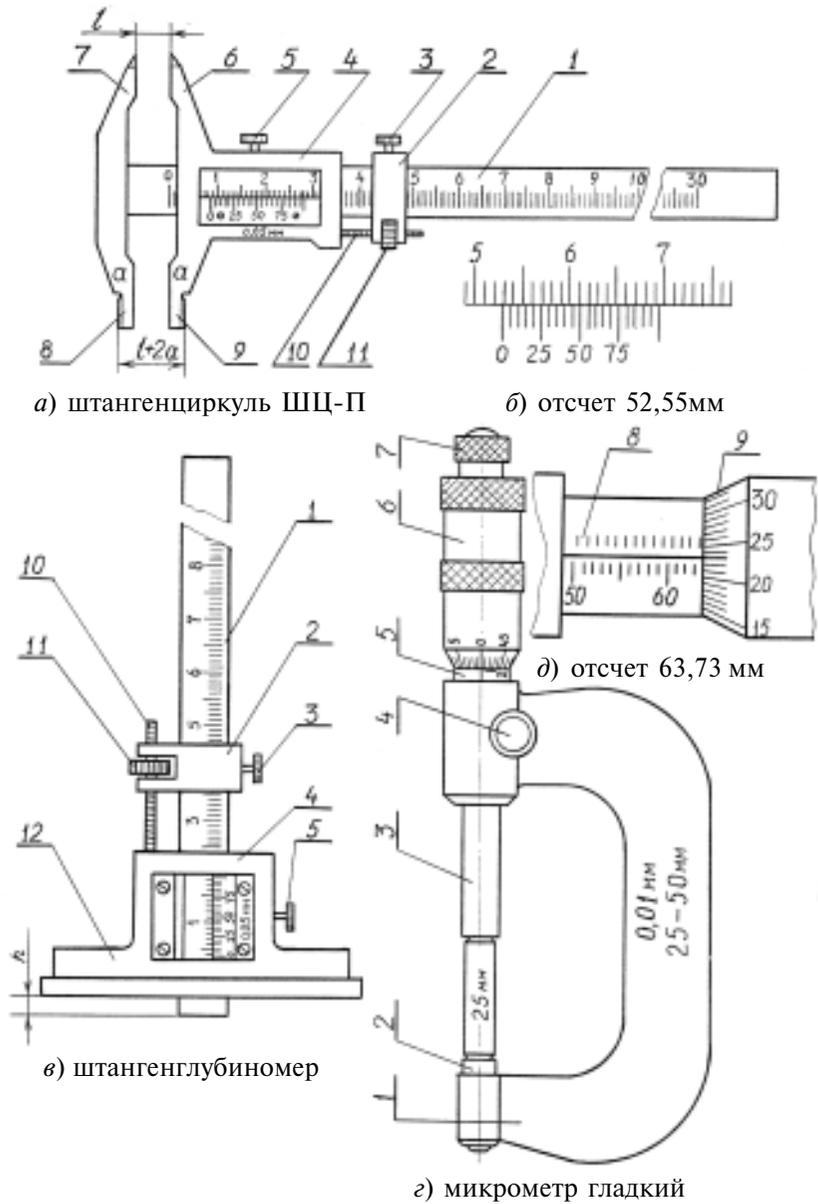


Рис. 3. Штангенприборы

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 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 барабана 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**.

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). Основными деталями конструкции других штангенприборов являются: — металлическая линейка (штанга) 1, на ко-

торой 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 (см. 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-I предназначен для измерения наружных и внутренних размеров и глубин. Пределы измерений от 0 до 125 мм.

Штангенциркуль ШЦ-II (см. 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 ШЦ-III также предназначен для наружных и внутренних измерений. Этот тип имеет односторонние губки. Предел измерения до 2000 мм.

Кроме перечисленных, в производстве применяют выпускавшиеся 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 (см. 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

КОНТРОЛЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОПРЯЖЕНИЙ МЕТОДОМ СРАВНЕНИЯ С МЕРОЙ

(относительные измерения универсальными средствами измерения)

Цель работы:

1. Изучение устройства рычажно-зубчатых измерительных приборов (рычажных скоб, индикаторных нутромеров) и приобретение навыков проведения относительных измерений методом сравнения с мерой.

2. Исследование характера сопряжения (посадки) двух гладких цилиндрических деталей и определение соответствия действительных значений зазоров (натягов) в соединении установленным в чертеже требованиям.

Оборудование и принадлежности:

1. Чертеж сборочной единицы, рабочие чертежи деталей.
2. Сборочная единица, изготовленная по чертежу.
3. Средства измерения: индикаторные нутромеры, рычажные скобы.
4. Набор плоскопараллельных концевых мер.
5. Набор принадлежностей к концевым мерам.
6. Справочные таблицы (ГОСТ 25346-89).

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с чертежом сборочной единицы.
2. Выполнить эскиз измеряемого соединения.
3. Для исследуемой посадки (на основании чертежа сборочной единицы) *определить:*

- систему допусков и посадок;
- номинальные размеры диаметров сопряженных поверхностей вала (d) и отверстия (D);
- допуски и предельные отклонения размеров диаметров вала и отверстия (по справочным таблицам ГОСТ 25346-89);
- предельные размеры вала (d_{\max} ; d_{\min}) и отверстия (D_{\max} ; D_{\min});
- предельные значения зазоров и натягов в соединении:

$$S_{\max} = ES - ei; S_{\min} = EI - es; N_{\max} = es - EI; N_{\min} = ei - ES;$$

4. Выбрать измерительные средства для контроля размеров сопряженных поверхностей вала и отверстия. Занести в отчет их характеристики (наименование, пределы измерений, цену деления шкалы, предельную погрешность измерения).

5. Выполнить расчет размера L блока концевых мер для контроля размера вала ($L = d$) и отверстия ($L = D$), где d и D — номинальные размеры диаметров вала и отверстия, соответственно.

6. Собрать блок концевых мер и произвести настройку средств измерения (рычажной скобы и индикаторного нутромера).

7. Согласно схеме измерений (рис. 4) определить действительные отклонения Δ , от номинального размера отверстия и вала.

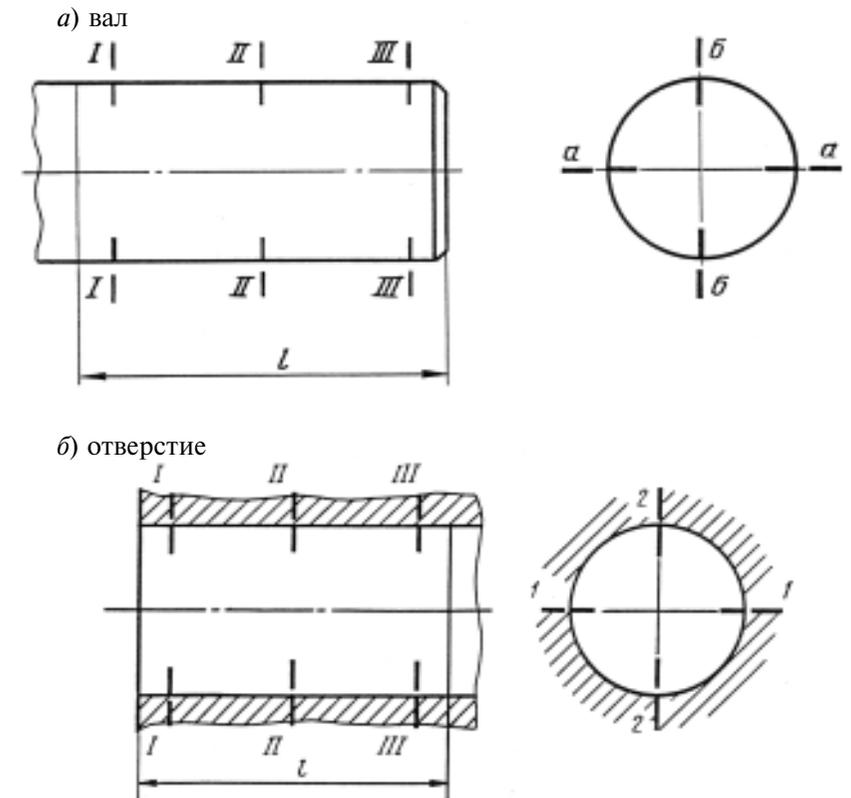


Рис. 4. Схема измерения деталей гладкого цилиндрического соединения

Измерения отклонений размера диаметра вала выполняются рычажной скобой, а отверстия — индикаторным нутромером. В каждом из двух поперечных сечений по каждому из двух направлений замеры выполняются трижды, с последующим вычислением среднего значения. Вычисленные средние значения принимаются за *действительные* отклонения размеров диаметров вала и отверстия. Результаты измерений заносятся в таблицу отчета (с учетом знака отклонения).

8. Рассчитать действительные размеры вала $d_i^* = d + \Delta_i$ и отверстия $D_i^* = D + \Delta_i$, где d и D — номинальные размеры диаметров вала и отверстия, соответственно. Результаты вычислений занести в таблицу отчета.

9. По вычисленным значениям d_i^* и D_i^* найти наибольший и наименьший действительные размеры вала (d_{\max}^* ; d_{\min}^*) и отверстия (D_{\max}^* ; D_{\min}^*). Для каждой из деталей определить вид и величину отклонения формы поверхности в поперечном сечении и профиля продольного сечения (см. пункт 6 порядка выполнения лабораторной работы №1). Результаты вычислений занести в таблицу отчета.

10. По результатам выполненных измерений определить действительные значения предельных зазоров (натягов) в соединении:

$$\begin{aligned} S_{\max}^* &= D_{\max}^* - d_{\min}^*; & S_{\min}^* &= D_{\min}^* - d_{\max}^*; \\ N_{\max}^* &= d_{\max}^* - D_{\min}^*; & N_{\min}^* &= d_{\min}^* - D_{\max}^*. \end{aligned}$$

Результаты вычислений занести в таблицу отчета.

11. Выполнить схемы расположения полей допусков на размеры диаметров вала и отверстия, заданных чертежом и полученных в результате измерения (пунктиром). На схемах указать значения предельных зазоров (натягов).

12. Определить соответствие измеренных параметров деталей с заданными на чертеже.

13. Дать заключение о годности сборочной единицы и оформить отчет по лабораторной работе (см. прил. 2).

При относительном методе измерений, контролируется не размер, а *отклонения от номинального значения*. Поэтому перед началом измерений рычажно-зубчатые измерительные приборы *настраивают* на номинальный размер контролируемой по-

верхности с помощью концевых мер длины или установочных колец и мер приборов.

Концевые меры длины

Концевые меры длины имеют форму прямоугольного параллелепипеда или прямого кругового цилиндра с двумя плоскими точно обработанными взаимно параллельными измерительными поверхностями. Номинальный размер меры маркируется на ее нерабочей поверхности.

Измерительные (рабочие) поверхности обладают способностью прочно сцепляться при надвигании одной меры на другую. Такая способность называется *притираемостью*.

Наборы концевых мер комплектуются так, чтобы из небольшого их количества можно было составить блоки необходимого размера до третьего десятичного знака. Блок должен включать возможно меньшее количество мер (не более четырех). Предварительно следует сделать расчет, подбирая в первую очередь концевые меры с размерами в тысячных долях миллиметра, затем в сотых и т. д. В такой же последовательности концевые меры собирают в блок.

Предназначенные для составления блока концевые меры необходимо очистить от смазки, промыть авиационным бензином и вытереть насухо льняной салфеткой. Затем одну из мер накладывают на вторую примерно на треть длины рабочей поверхности и, плотно прижимая пальцами, подвигают вдоль большой оси до полного контакта поверхностей. Если после этого с помощью легкого усилия не удастся разъединить собранный блок, меры считаются притертыми. Таким же образом притирают третью и т.д. концевые меры.

При выполнении работы нужно обязательно соблюдать следующие правила:

- рабочие поверхности промытых концевых мер брать только чистой льняной салфеткой;
- концевые меры размером более 5,5 мм класть на стол нерабочими поверхностями;
- не притирать рабочую поверхность концевой меры к нерабочей;

- для предохранения от быстрого износа и повреждения применять защитные концевые меры, которые должны находиться на концах блока (при подсчете размера блока следует учитывать размер защитных мер).

После окончания работы блок разбирают, концевые меры промывают авиационным бензином, тщательно протирают, смазывают и кладут в соответствующие ячейки футляра набора.

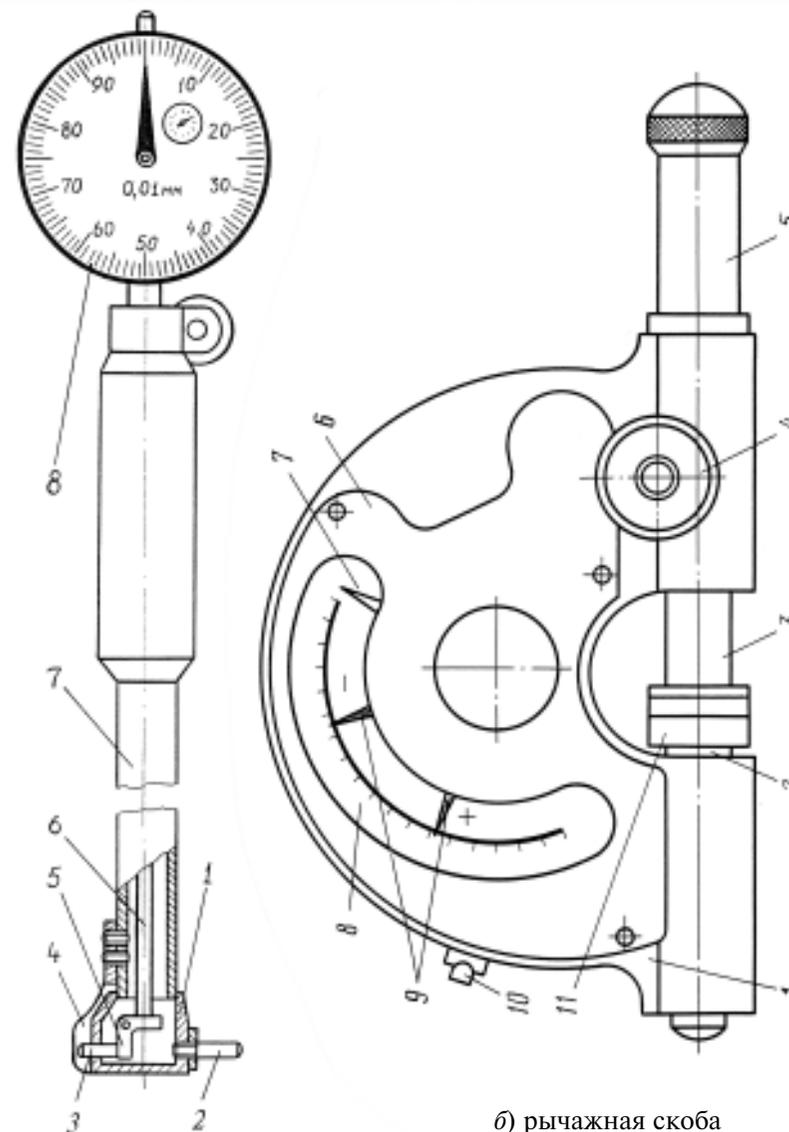
Устройство и правила пользования измерительными приборами

Индикаторные нутромеры предназначены для измерения отклонений внутренних размеров *методом сравнения с мерой*.

Индикаторный нутромер (рис. 5, а) состоит из корпуса 1, в основании которого установлены два стержня: — сменный неподвижный стержень 2 и подвижный стержень 3. Для расширения пределов измерения каждый нутромер комплектуется набором сменных неподвижных стержней.

Поступательное перемещение подвижного стержня 3 через равноплечий рычаг 5 и шток 6 передается измерительному наконечнику индикатора 8, закрепленному в трубке 7. Для центрирования нутромера в измеряемом отверстии на его корпусе 1 установлена пружинная скоба 4. Для настройки прибора по блоку концевых мер используется струбцина с боковиками. Настройка прибора выполняется в следующей последовательности:

- из комплекта сменных стержней выбирается стержень с пределами измерения, соответствующими контролируемому размеру;
- блок концевых мер зажимается в струбцине между боковиками;
- отжав центрирующую скобу 4 измерительные стержни нутромера вводят в контакт с рабочими поверхностями боковиков;
- покачивая нутромер в вертикальной плоскости находят крайнее положение стрелки индикатора, от которого она начинает поворот против хода часов, и фиксируют прибор в этом положении;
- поворотом подвижного кольца корпуса индикатора совмещают нулевой штрих шкалы индикатора со стрелкой.



а) индикаторный нутромер

б) рычажная скоба

Рис. 5. Рычажно-зубчатые приборы

При проведении измерений нутромер немного наклоняют в ту сторону, где расположена центрирующая скоба 4, с небольшим усилием (достаточным для преодоления силы сопротивления упругого элемента) прижимают скобу к одной из сторон контролируемого отверстия и вводят нутромер внутрь отверстия. Стрелка индикатора при этом должна начать движение по шкале прибора, что свидетельствует о наличии контакта между измерительными стержнями и контролируемой поверхностью. Затем положение нутромера выравнивают так, чтобы его измерительные стержни стали *нормальны* к контролируемой поверхности и медленно его покачивая (угол отклонения в плоскости измерительных стержней 5...10 градусов), фиксируют крайнее (ближайшее к нулевому штриху) положение стрелки, от которого она начинает вращение против хода часов. При этом отклонения принимают со знаком *минус*, если стрелка прибора *перешла за нулевое деление*, и со знаком *плюс*, если стрелка *не дошла до нулевого деления*. Величина отклонения определяется с учетом цены деления шкалы прибора.

Рычажные скобы предназначены для измерения *отклонений* размеров наружных поверхностей изделий *методом сравнения с мерой*.

Скоба (см. рис. 5, б) состоит из корпуса 1 с крышкой 6. В направляющих корпуса перемещаются пятки: — регулируемая 3 и подвижная 2. Последняя находится под действием пружины, создающей измерительное усилие.

Арретир 10 позволяет отводить подвижную пятку для размещения измеряемой детали или блока концевых мер длины между губками скобы, что уменьшает износ поверхностей мер и упрощает работу с призматическими деталями.

Рычажные скобы снабженные индикаторами часового типа называют индикаторными.

Перед началом измерений скобу настраивают на номинальный размер по блоку концевых мер длины или по установочной мере в следующей последовательности:

- снимают защитный колпачок 5;
- освобождают стопор 4;
- блок концевых мер помещают между измерительными поверхностями пяток и перемещая регулируемую пятку 3 добиваются установки стрелки прибора 7 на нулевое деление;

- закрепляют стопор 4 и несколько раз нажимают кнопку арретира 10 (если стрелка прибора после каждого нажатия возвращается на нулевое деление то настройку прибора считают законченной);

- навинчивают защитный колпачок 5;
- нажав на кнопку арретира 10 извлекают из скобы блок концевых мер длины 11.

При проведении измерений нажимают на кнопку арретира 10, вводят контролируемую деталь между измерительными поверхностями пяток скобы и отпускают кнопку арретира. Отсчет отклонений производят с помощью стрелки 7 от нулевого деления по шкале прибора 8 (с учетом знака).

Для удобства проверки больших партий деталей скоба снабжена указателями пределов допуска 9, выполненными в виде стрелок.

Вместо скобы можно применять рычажный микрометр, представляющий собой сочетание нормальной микрометрической головки с рычажным механизмом скобы (рис. 6). Микрометр позволяет проводить измерение методом непосредственной оценки (см. лабораторную работу № 1), что исключает необходимость предварительной настройки рычажного механизма по блоку плиток на нулевое положение. Это удобно при измерении деталей мелкосерийного и штучного производства.

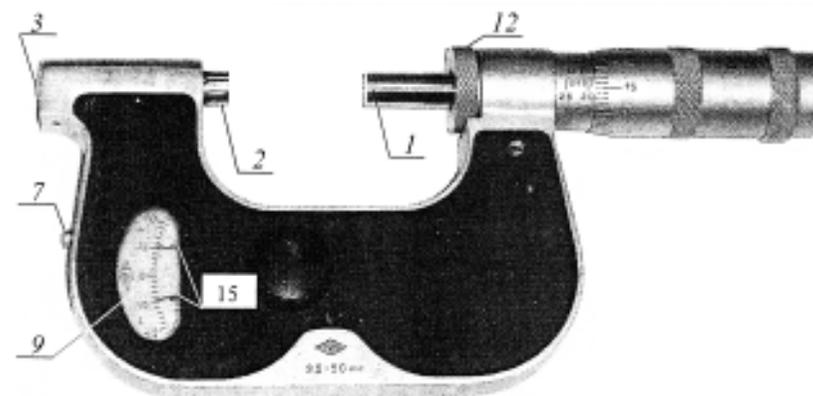


Рис. 6. Микрометр рычажный

КОНТРОЛЬ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Бесконтактный метод измерения

Целью работы является выявление соответствия параметров шероховатости поверхности заданным в чертеже.

Требуется:

1. Произвести измерение высоты неровностей профиля по десяти точкам.
2. Вычислить величину параметра Rz .
3. Дать заключение о соответствии измеренного параметра шероховатости указанному на чертеже.

Оборудование и принадлежности:

1. Чертеж детали.
2. Контролируемая деталь.
3. Двойной микроскоп системы Линника.

Измерение высоты микронеровностей с помощью двойного микроскопа

Двойной микроскоп МИС-11 конструкции академика В.П. Линника представляет собой систему из двух микроскопов — осветительного (проектирующего) и микроскопа наблюдения, оси которых составляют между собой угол 90° (рис. 7). Принцип работы прибора следующий. Световой поток от лампы подсветки через узкую щель отражателя направляется в объектив микроскопа 7 и проецируется на поверхность контролируемой детали в виде узкой световой полосы зеленого цвета. Под влиянием неровностей поверхности световая полоса искривляется в соответствии с их формой и образуется *световое сечение профиля поверхности*. Изображение профиля объективом микроскопа наблюдения 19 проецируется в фокальную плоскость окулярного микрометра, где расположены две стеклянные пластинки: — подвижная и неподвижная. На неподвижной имеется шкала от 0 до 8 мм, с ценой деления 1 мм. Подвижная пластинка с перекрестием нитей и индексом из двух рисок перемещается точным микрометрическим винтом с шагом в 1 мм. Барабан 23 микрометрического винта разделен по окружности на 100 делений, поэтому поворот его на одно деле-

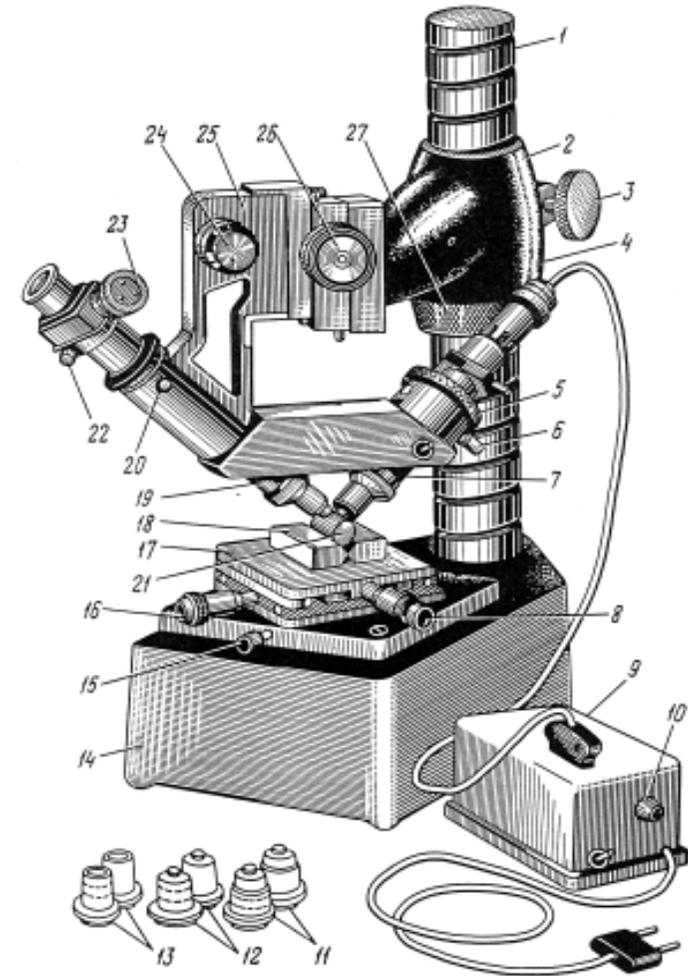


Рис. 7. Двойной микроскоп Линника:

- 1 — колонка; 2 — кронштейн; 3 — винт стопорный; 4 — тубус;
5 — гайка; 6 — винт; 7 — микроскоп проектирующий; 8 — винт микрометрический; 9 — трансформатор; 10 — реостат; 11, 12, 13 — сменные объективы; 14 — основание; 15 — гайка; 16 — винт микрометрический; 17 — столик; 18 — призма; 19 — микроскоп наблюдательный; 20 — винт; 21 — контролируемая деталь; 22 — винт; 23 — барабан отсчета; 24 — барабан тонкой наводки; 25 — держатель тубусов; 26 — барашек грубой подачи; 27 — гайка.

ние соответствует перемещению перекрестия на 0,01 мм или 10 мкм. Полный отсчет складывается из отсчета по рискам на неподвижной шкале и отсчета по лимбу барабана винта, как на микрометре.

Оптическая система микроскопа увеличивает видимое изображение светового сечения профиля поверхности b в N раз (рис. 8, а). Так как угол между действительной высотой микронеровностей профиля h и наблюдаемым в окуляре изображением

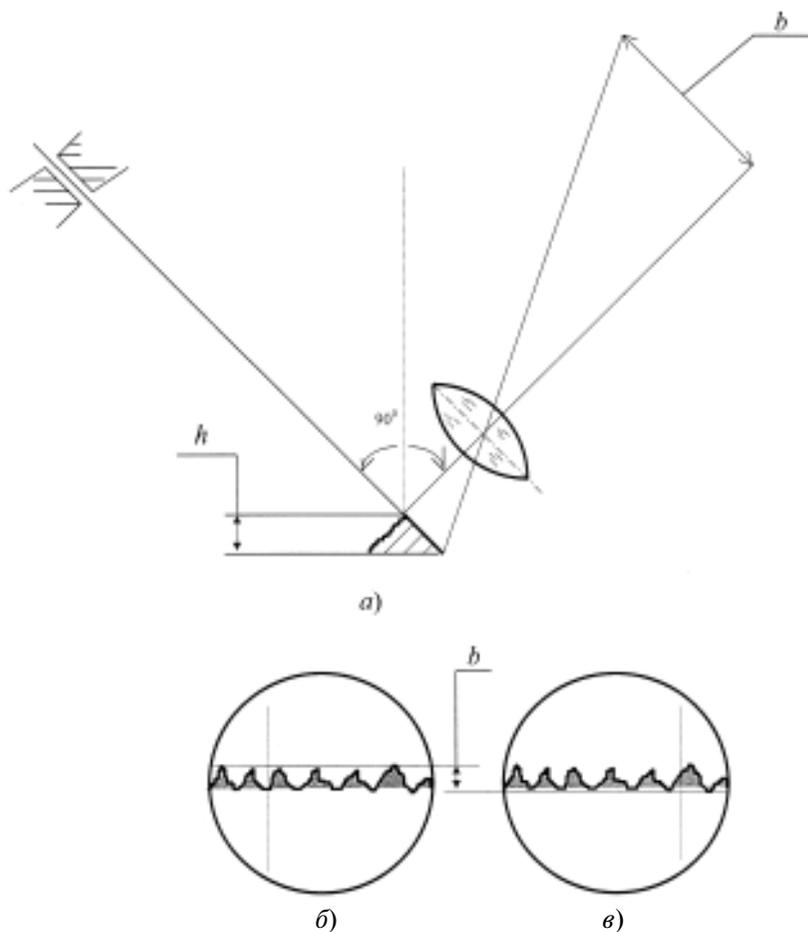


Рис. 8

нием профиля b составляет 45° , то величина h может быть найдена из выражения:

$$h = b \cdot \cos 45^\circ / N = b / N \sqrt{2}.$$

Для определения величины b , соответствующей высоте h измеряемой микронеровности, горизонтальная нить окулярного микрометра вращением барабанчика 23 сначала совмещается с верхним краем изображения микронеровности (рис.8, б), а затем — с нижним (рис.8, в).

При каждой наводке производится отсчет по шкале на лимбе барабанчика 23. Разность отсчетов дает величину $a = b \sqrt{2}$ (множитель $\sqrt{2}$ — вследствие того, что направление перемещения нитей и измеряемый отрезок составляют угол 45°). Поэтому величина абсолютной высоты микронеровности может быть вычислена по формуле

$$h = \frac{b}{N \sqrt{2}} = \frac{a}{2N}.$$

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить микроскоп к проведению измерений (выполняется лаборантом):

- установить на кронштейне микроскопа 2 держатель тубусов 25;
- ослабив винт 20, вынуть из тубуса держателя 4 наблюдательный микроскоп 19;
- выбрать из набора комплект сменных объективов, соответствующий состоянию поверхности контролируемой детали;
- установить в оба микроскопа выбранные объективы;
- вставить наблюдательный микроскоп в держатель до упора и затянуть винт 20;
- микрометрические винты 8 и 16, обеспечивающие поступательные перемещения предметного стола в горизонтальной плоскости, установить на ноль;
- поместить контролируемую деталь на предметный столик (деталь цилиндрической формы устанавливается на призме 18);

- ослабив винт 3, вращением гайки 27 установить кронштейн 2 по высоте так, чтобы от поверхности детали до оправ объективов было 10 — 15 мм и затянуть винт 3;

- вращением барашка 26 и барабанчика 24 сфокусировать наблюдательный микроскоп так, чтобы резко видимый участок поверхности детали оказался в середине поля зрения;

- включить осветительную лампу проектирующего микроскопа;

- винтом 6 переместить изображение щели в центр поля зрения наблюдательного микроскопа и с помощью гайки 5 сфокусировать на измеряемую поверхность (для детали цилиндрической формы изображение щели должно располагаться параллельно образующей цилиндра. Это положение достигается поворотом предметного стола в горизонтальной плоскости относительно вертикальной оси);

- вращением винта 6 и гайки 5 добиться совмещения резко видимого края изображения щели (второй край изображения щели виден размытым) с участком резкого изображения поверхности в центре поля зрения;

- ослабив винт 22 повернуть окулярный микрометр так, чтобы одна из нитей перекрестия стала параллельной щели и затянуть винт 22.

2. Произвести измерения абсолютной высоты пяти микронеровностей, имеющих наибольшее значение h_i в пределах базовой длины:

- определить шаг продольного перемещения контролируемой детали $t = l/5$, где l — базовая длина [мм];

- наблюдая в окуляр микроскопа, визуально определить в поле зрения наибольшую по высоте микронеровность;

- вращая барабанчик 23 совместить горизонтальную нить окулярного микрометра с верхним краем изображения наибольшей микронеровности (см. рис. 8, б) и произвести отсчет по круговой шкале барабанчика, затем, вращая этот же барабанчик, совместить горизонтальную нить с нижним краем изображения микронеровности (см. рис. 8, в) и вновь произвести отсчет по шкале барабанчика. Разность отсчетов α_i занести в таблицу протокола измерений;

- вращением микрометрического винта 8 осуществить продольное перемещение контролируемой детали на расчетную величину шага t и вновь определить значение α_i для наибольшей в поле зрения микронеровности;

- произвести измерения еще трех микронеровностей в приведенной выше последовательности;

- вычислить абсолютные высоты пяти микронеровностей h_i [мкм], результаты вычислений занести в протокол измерений;

- определить значение параметра $Rz = \frac{\sum_{i=1}^{i=5} h_i}{5}$;

- дать заключение о годности детали.

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 ШЦ, ГОСТ 166-80).

Теоретические сведения:

Подбор посадки сопряженных деталей осуществляется в соответствии со стандартами ЕСПД 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 $S_m^{изм}$ (или средний измеренный натяг $N_m^{изм}$) и допуск посадки $TS^{изм}$ (или $TN^{изм}$).

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

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

где $TS^{изм}$ ($TN^{изм}$) — 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 сопряжен-

ных поверхностей, выбрать средства измерения. Характеристики выбранных измерительных приборов занести в таблицу отчета.

2. Согласно схеме измерения (рис. 9, а) произвести измерения диаметра посадочной поверхности вала в трех сечениях (I, II, III) по двум взаимно-перпендикулярным направлениям ($a-a$ и $b-b$). Результаты измерений занести в таблицу отчета.

3. Согласно схеме измерения (рис. 9, б) произвести измерения диаметра посадочной поверхности отверстия, аналогично измерениям вала. Результаты измерений занести в таблицу отчета.

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

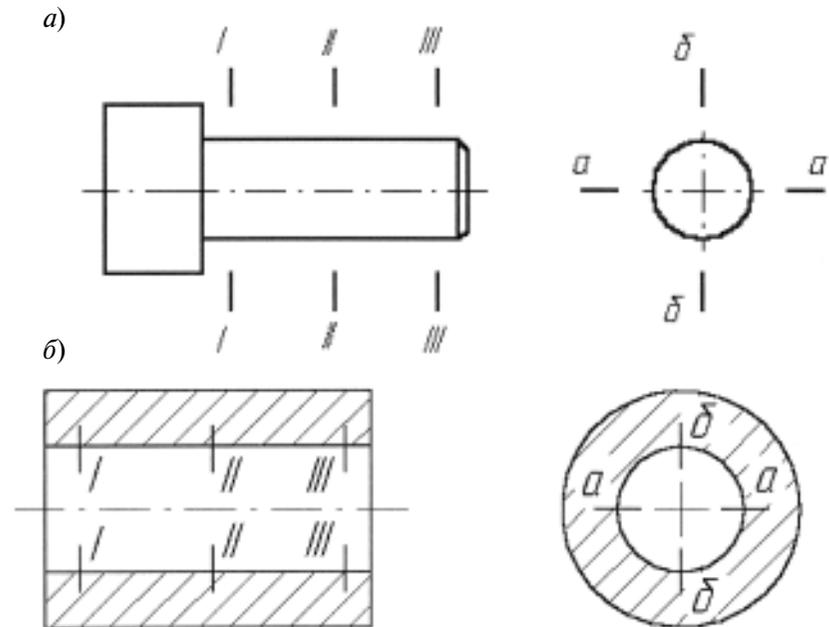


Рис. 9

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. 10).

7. По стандартам ЕСПД подобрать подходящую для данного соединения посадку (с доверительной вероятностью $P \geq 95\%$).

8. Построить в масштабе схемы расположения полей допусков измеренного сопряжения и подобранной стандартной посадки (рис. 11).



Рис. 10

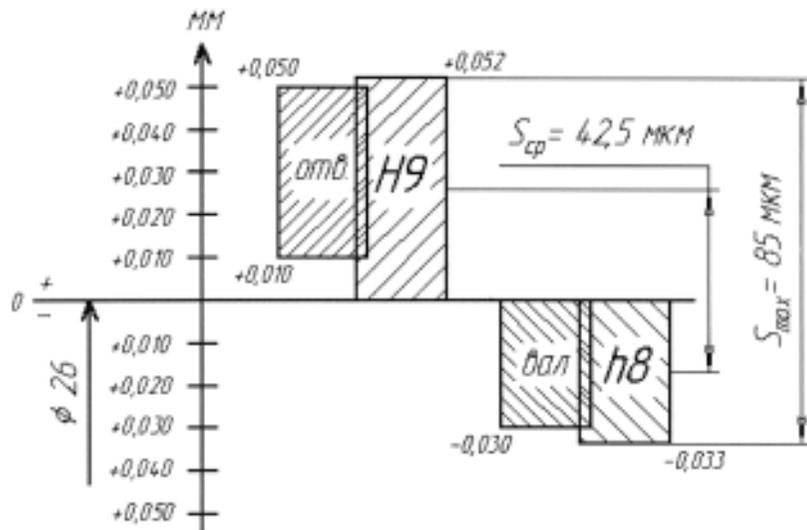


Рис. 11

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 $ES^{\text{изм}} = D_{\max}^{\text{изм}} - D = 26,050 - 26 = 0,050$ 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 $S_{\min}^{\text{изм}} = D_{\min}^{\text{изм}} - d_{\max}^{\text{изм}} = 26,010 - 26 = 0,010$ мм = 10 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 $EI = 0$ мкм (условие $EI \leq EI^{\text{изм}} = 10$ мкм выполняется).

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

Принимаем 9-й квалитет изготовления детали. Допуск на размер $ITD = 52$ мкм (прил. 6, интервал размеров св. 18 до 30). Тогда верхнее отклонение $ES = EI + ITD = 0 + 52 = 52$ мкм. Условие $ES^{\text{изм}} \leq ES$ выполнено. Стандартное поле допуска отверстия «перекрыло» измеренное поле допуска (см. рис. 11). Таким образом, отверстие изготавливается по размеру 26H9.

Аналогично подбираем поле допуска для вала. Принимаем для вала поле допуска h . Основное верхнее отклонение вала $es = 0$ мкм (прил. 7). При изготовлении детали по 8-му качеству допуск на размер $ITD = 33$ мкм (прил. 6, интервал размеров св. 18 до 30). Тогда нижнее отклонение вала $ei = es - ITD = 0 - 33 = -33$ мкм. Стандартное поле допуска вала «перекрыло» измеренное поле допуска (см. рис. 11). Таким образом, вал изготавливается по размеру 26h8.

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

Максимальные и минимальные диаметры:

для отверстия $D_{\text{max}} = 26,052$ мм, $D_{\text{min}} = 26,000$ мм.

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

Зазоры в сопряжении:

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

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

Допуск посадки:

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

Средний зазор в сопряжении:

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

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

$$\sigma = \frac{S_{\text{max}} - S_m}{3} = \frac{85 - 42,5}{3} = 14,7 \text{ мкм.}$$

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

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

где параметры функции Лапласа

$$Z_2 = \frac{S_{\text{max}}^{\text{изм}} - S_m}{\sigma} = \frac{80 - 42,5}{14,7} = 2,65$$

$$Z_1 = \frac{S_{\text{min}}^{\text{изм}} - S_m}{\sigma} = \frac{10 - 42,5}{14,7} = -2,29.$$

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 :

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ

Цель работы:

Изучение устройства и приобретение практических навыков в пользовании угломерами.

Оборудование и принадлежности:

- 1) Транспортный штангенугломер;
- 2) Исследуемая деталь;
- 3) Рабочий чертеж исследуемой детали.

Теоретические сведения:

Существуют следующие методы измерения углов:

1) Сравнение угла с мерой, имеющей постоянное значение угла (угольники, угловые шаблоны, призматические угловые меры, конусные калибры);

2) Сравнение с углом, на который настраивается измерительное средство (синусные линейки);

3) Сравнение угла с эталонной шкалой прибора (штангенугломеры, уровни, гониометры, оптические делительные головки);

4) Координатный метод измерения (измерение координат точек, образующих треугольник, и вычисление угла по одной из тригонометрических функций).

Выбор того или иного метода измерений зависит от точности, с которой должно быть произведено измерение, а также от наличия инструментов в лаборатории.

В данной работе необходимо изучить и измерить углы детали с помощью транспортного угломера (рис. 12).

На основании 1 угломера закреплена неподвижная линейка 2 и подвижная линейка 6 с нониусом 4. При измерениях углов по шкале, нанесенной на линейке 1, отсчитываются градусы, а по вспомогательной шкале (нониусу) 4 – минуты. Для точной установки угла винт 5 стопорится, а линейка 6 с нониусом 4 приводится в требуемое положение микрометрическим винтом 3. Для измерения острых углов на линейку 6 надевается угольник 7.

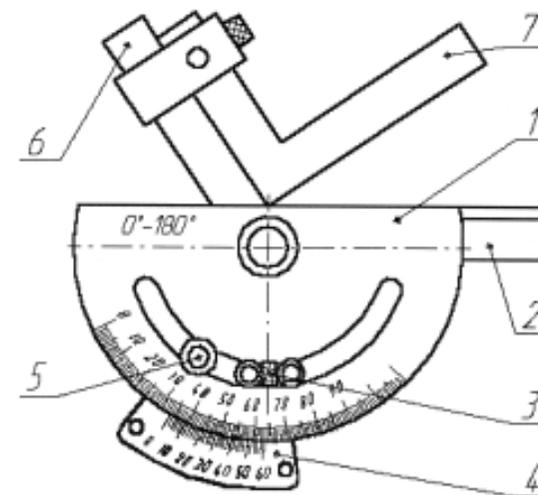


Рис. 12

Для транспортного угломера величина отсчета по нониусу может быть подсчитана по формуле:

$$i = \frac{a}{n},$$

где a – интервал деления нониуса (обычно, $60''$);

n – число делений нониуса.

Измерение углов транспортным угломером производится путем наложения линеек угломера на стороны детали, образующие измеряемый угол. При этом между линейками прибора и сторонами детали не должно быть просвета.

Порядок выполнения работы:

- 1) Ознакомиться с чертежом исследуемой детали;
- 2) Составить эскиз измеряемого объекта;
- 3) Определить величину отсчета по нониусу;
- 4) Произвести измерения угловых размеров исследуемой детали с помощью транспортного штангенугломера. Замер каждого углового размера произвести три раза и вычислить среднее значение. Результаты измерений занести в таблицу отчета;
- 5) Дать заключение о годности детали.

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 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						

4.3. 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:

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Отчет по лабораторной работе №2

КОНТРОЛЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОПРЯЖЕНИЙ
МЕТОДОМ СРАВНЕНИЯ С МЕРОЙ

1. Эскиз соединения

2. Анализ посадки (на основании эскиза)

2.1. Номинальный размер соединения \varnothing мм.

2.2. Система допусков и посадок

2.3. Квалитет

2.4. Основные характеристики сопряженных деталей и соединения (на основании справочных таблиц ГОСТ 25346-89)

6. Вывод:

Работа выполнена « _____ » _____ 20 _____ г.

Студент _____ Шифр _____
(Фамилия, И. О.)

Преподаватель _____
(Фамилия, И. О.) (подпись)

Поверхность	Номинальный размер, мм	Допуск, мкм	Предельные отклонения, мкм		Предельные размеры, мм		Предельные зазоры, мкм		Предельные натяги, мкм		Допуск посадки, мкм
			верхнее	нижнее	наибольший	наименьший	S_{max}	S_{min}	N_{max}	N_{min}	
отверстие (охватываемая)	$D =$	$ITD =$	$ES =$	$EI =$	$D_{max} =$	$D_{min} =$					
вал (охватываемый)	$d =$	$ITd =$	$es =$	$ei =$	$d_{max} =$	$d_{min} =$					

3. Выбор средств измерения

№ п/п	Контролируемый размер с отклонениями (по чертежу), [мм]	Наименование и тип (модель) средства измерения	Пределы измерения, [мм]	Цена деления шкалы, [мм]	Предельная погрешность измерения, [мм]
1	$D=$				
2	$d=$				

4. Протокол измерений

4.1. Схема измерений

4.3.2. Отклонения размера диаметра вала

По схеме измерений		Результаты трех измерений, мкм				Действительные размеры, мм		Отклонение формы поверхности, мм	
Сечение	Направление	1	2	3	Среднее	Отверстия D^*	Вала d^*	От круглости	От цилиндричности
I-I	1-1								
	2-2								
II-II	1-1								
	2-2								

4.4. Действительные значения предельных зазоров и натягов

в соединении:

$$S_{\max}^* = D_{\max}^* - d_{\min}^* = \quad = \quad \text{мм} = \quad \text{МКМ}$$

$$S_{\min}^* = D_{\min}^* - d_{\max}^* = \quad = \quad \text{мм} = \quad \text{МКМ}$$

$$N_{\max}^* = d_{\max}^* - D_{\min}^* = \quad = \quad \text{мм} = \quad \text{МКМ}$$

$$N_{\min}^* = d_{\min}^* - D_{\max}^* = \quad = \quad \text{мм} = \quad \text{МКМ}$$

5. Схемы расположения полей допусков на размеры диаметров деталей

4.2. Расчет размера блока концевых мер длины

Порядковый № меры	1	2	3	4	Размер блока L , мм
Размер меры, мм					

4.3. Результаты измерений.

4.3.1. Отклонения размера диаметра отверстия

По схеме измерений		Результаты трех измерений, мкм				Действительные размеры, мм		Отклонение формы поверхности, мм	
Сечение	Направление	1	2	3	Среднее	Отверстия D^*	Вала d^*	От круглости	От цилиндричности
I-I	1-1								
	2-2								
II-II	1-1								
	2-2								

ИЗМЕРЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ НА ДВОЙНОМ
МИКРОСКОПЕ

1. Эскиз детали

2. Схема измерений

6. Вывод:

3. Увеличение объектива наблюдательного микроскопа
 $N =$ (указано на микроскопе).

4. Результаты измерений

Работа выполнена « _____ » _____ 20 _____ г.
Студент _____ Шифр _____
(Фамилия, И. О.)
Преподаватель _____
(Фамилия, И. О.) (подпись)

№ замеров	Отсчет по окулярному микрометру α_i , мм	Высота микронеровности $h_i = \alpha_i \cdot 10^3 / 2N$, мкм
1		
2		
3		
4		
5		

5. Высота неровностей профиля по десяти точкам:

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^{i=5} h_i}{5} = \quad \text{мкм}$$

6. Вывод:

Работа выполнена « _____ » _____ 20 _____ г.

Студент _____ Шифр _____
(Фамилия, И. О.)

Преподаватель _____ (подпись)
(Фамилия, И. О.)

Отчет по лабораторной работе № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРЯЖЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И ПОДБОР ПОСАДКИ

1. Диаметр соединения, определенный с помощью штангенциркуля:

∅ _____ 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		$d_{\text{max}}^{\text{нзм}}$	$d_{\text{min}}^{\text{нзм}}$	$es^{\text{нзм}}$	$ei^{\text{нзм}}$
Вал		I-I	a-a		$d_{\text{max}}^{\text{нзм}} =$	$d_{\text{min}}^{\text{нзм}} =$	$es^{\text{нзм}} =$	$ei^{\text{нзм}} =$
			b-b					
		II-II	a-a					
			b-b					
		III-III	a-a					
			b-b					
Отверстие		I-I	a-a		$D_{\text{max}}^{\text{нзм}} =$	$D_{\text{min}}^{\text{нзм}} =$	$ES^{\text{нзм}} =$	$EI^{\text{нзм}} =$
			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:

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Отчет по лабораторной работе № 5

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ

1. Эскиз детали:

2. Величина отсчета по нониусу:

3. Результаты измерений детали:

№ углов	Измерения			Среднее значение
	1	2	3	
1				
2				
3				
4				
5				

4. Заключение о годности детали:

Работа выполнена « _____ » _____ 20 ____ г.

Студент _____ Шифр _____
(Фамилия, И. О.)

Преподаватель _____
(Фамилия, И. О.) (подпись)

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Допуски (в мкм) квалитетов ЕСДП

Квалитеты ЕСДП	Интервалы номинальных размеров, мм																
	Ca. 0.3 до 0.6	Ca. 0.6 до 1	Ca. 1 до 3	Ca. 3 до 6	Ca. 6 до 10	Ca. 10 до 18	Ca. 18 до 30	Ca. 30 до 50	Ca. 50 до 80	Ca. 80 до 120	Ca. 120 до 180	Ca. 180 до 250	Ca. 250 до 260	Ca. 260 до 315	Ca. 315 до 360	Ca. 360 до 400	Ca. 400 до 500
4	3	3	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	20	20
5	4	4	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	25	25	27
6	6	6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	36	40	40
7	10	10	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	57	63	63
8	14	14	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	89	97	97
9	25	25	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	140	155	155
10	40	40	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	230	250	250
11	60	60	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	360	400	400
12	100	100	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	570	630	630
13	140	140	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	890	970	970
14	250	250	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1400	1550	1550
15	400	400	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2300	2500	2500
16	600	600	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200	3600	3600	4000	4000
17	1000	1000	1000	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600	5200	5700	5700	6300	6300

Значения основных отклонений валов и отверстий, мкм

Номинальные размеры, мм	Основные (верхние) отклонения валов (es со знаком «минус»)																Пределы отклонения размеров по ± ИТ/2
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js, j6	j7	-	-	-	
	Основные (нижние) отклонения отверстий (EI со знаком «плюс»)																
Св.	Do	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	-	-	J6	J7	J8
-	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	310	170	120	-	80	50	-	25	-	9	0	5	10	10	14	
30	40	320	180	130	-	100	60	-	30	-	10	0	7	12	13	18	
40	50	340	190	140	-	120	72	-	36	-	12	0	9	15	16	22	
50	65	360	200	150	-	145	85	-	43	-	14	0	11	18	18	26	
65	80	380	220	170	-	170	100	-	50	-	15	0	13	21	22	30	
80	100	410	240	180	-	190	110	-	56	-	17	0	16	25	26	36	
100	120	420	260	200	-	210	125	-	62	-	18	0	18	28	29	39	
120	140	440	280	210	-	230	135	-	68	-	20	0	20	32	33	43	
140	160	460	280	210	-												
160	180	480	310	230	-												
180	200	500	340	240	-												
200	225	520	380	260	-												
225	250	540	420	280	-												
250	280	560	480	300	-												
280	315	580	540	330	-												
315	355	600	600	360	-												
355	400	620	680	400	-												
400	450	640	760	440	-												
450	500	660	840	480	-												

Окончание прил. 7

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	
	Основные (верхние) отклонения отверстий (ES со знаком «минус»)															
Св.	Do	-	-	-	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	Za	Zb	Zc
-	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															
18	24	2	8	15	22	28	35	-	41	47	54	63	73	98	136	188
24	30															
30	40	2	9	17	26	34	43	48	60	68	80	94	112	148	200	274
40	50															
50	65	2	11	20	32	41	53	66	87	102	122	144	172	226	300	405
65	80															
80	100	3	13	23	37	51	71	91	124	146	178	214	258	335	445	585
100	120															
120	140	3	15	27	43	63	92	122	170	202	248	300	365	470	620	800
140	160															
160	180	4	17	31	50	68	108	146	210	252	310	380	465	600	780	1000
180	200															
200	225	4	20	34	56	77	122	166	236	284	350	425	520	670	880	1150
225	250															
250	280	4	23	40	68	84	130	180	258	310	385	475	580	740	960	1250
280	315															
315	355	4	21	37	62	80	114	158	218	264	330	415	510	660	870	1100
355	400															
400	450	5	23	40	68	84	126	174	244	296	370	460	560	720	940	1200
450	500															

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

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
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
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 $\Phi(Z) = 0,4940$.

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Методические указания
 по выполнению лабораторных работ

Редактор *Д.Н. Тихоньчев*
 Корректор *В.В. Игнатова*
 Компьютерная верстка *Ю.А. Варламова*

Тип. зак. Изд. зак. 326 Тираж 1 000 экз.
 Подписано в печать 21.11.05 Гарнитура Times. Офсет
 Усл. печ. л. 3,25 Формат 60×90¹/₁₆

Издательский центр РГОТУПС,
 125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати РГОТУПС, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2