

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

**Тема: Допуски формы и расположения поверхностей деталей по стандарту СТСЭВ 368 -76 и обозначение их на чертежах.**

### **Цели работы:**

- определить отклонения формы поверхностей деталей.

**Оборудование:** МК-25-2

### **Теория и основные характеристики**

#### **1 Допуски формы и расположения поверхностей деталей**

Точность геометрических параметров деталей характеризуется не только точностью размеров её элементов, но и точностью формы и взаимного расположения её поверхностей.

К отклонениям формы цилиндрических поверхностей относятся отклонение от круглости и отклонение профиля продольного сечения цилиндрической поверхности. Допуск формы ( $T_f$ ) – это наибольшее допускаемое значение отклонения формы. Числовые значения допусков формы приведены в ГОСТ 24643-81. Допуски формы можно ограничивать полем допуска размера.

Допуски формы указывают только тогда, когда по функциональным или технологическим причинам они должны быть меньше допусков размера..

Отклонения и допуски формы поверхностей.

Отклонением формы называется отклонение формы реальной поверхности (ограничивающей тело и отделяющей его от окружающей среды) от формы номинальной поверхности.

Под номинальной понимается идеальная поверхность, форма которой задана чертежом или другой технической документацией.

Отклонение формы оценивается по всей поверхности или на нормируемом участке, если заданы его площадь, длина или угол сектора.

Отсчет отклонений формы производится от прилегающей поверхности, под которой понимается поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от неё наиболее удалённой точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка было минимальным.

Параметром для количественной оценки отклонения формы по ГОСТ 24642-81 является наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек реальной поверхности до прилегающей поверхности по нормам и последней в пределах нормируемого участка L.

Допуском формы называется наибольшее допускаемое значение отклонения формы.

Требования, определяемые допуском формы геометрически могут быть представлены в виде поля допуска.

Поле допуска формы – это область в пространстве или на плоскости, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности или реального профиля в пределах нормируемого участка.

Рассмотрим отдельные виды отклонений и допусков формы поверхностей и профилей.

Отклонения и допуски формы цилиндрических поверхностей.

При нормировании применяются следующие допуски:

- а) допуск цилиндричности ( $/o/$ );
- б) допуск круглости ( $o$ );
- в) допуск профиля продольного сечения ( $=$ );
- г) допуск прямолинейной образующей или от ( $-$ ).

а) Комплексным показателем формы цилиндрической поверхности является отклонение от цилиндричности, представляющее собой наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка  $L$ .

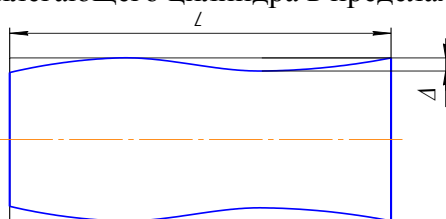


Рисунок 1 – Отклонение от цилиндричности

Допуск цилиндричности включает в себя допуски круглости и формы продольного сечения.

б) Отклонение от круглости – наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек реального профиля до прилегающей окружности.

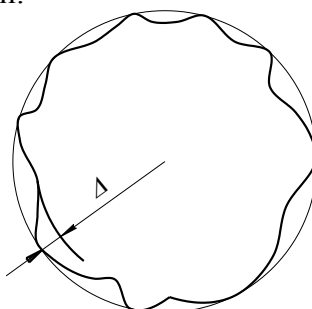


Рисунок 2 – Отклонение от круглости

в) Отклонение профиля продольного сечения – наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через её ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах длины нормируемого участка.

г) Отклонение от прямолинейности оси – минимальное значение диаметра  $\Delta$  цилиндра, внутри которого располагается реальная ось поверхности в пределах нормируемого участка.

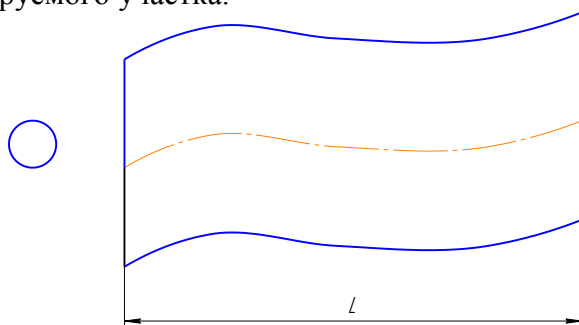


Рисунок 3 – отклонение от прямолинейности оси

Отклонения и допуски формы плоских поверхностей.

При нормировании применяются следующие допуски:

- а) плоскостности
- б) допуск прямолинейности (–).

Плоскостность нормируется при необходимости ограничить отклонения формы всей поверхности или её участка, прямолинейность – если достаточно ограничить отклонения в сечении поверхности заданного направления.

а) Отклонение от плоскости – наибольшее расстояние от точек реальной поверхности  $\Delta$  до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка.

б) Отклонение от прямолинейности – наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка.

Выбор допусков формы зависит от конструктивных и технологических требований и связан также с допуском размера.

Поле допуска размера для сопрягаемых поверхностей ограничивает и любые отклонения формы на длине соединения.

Ни одно из них не может превышать допуск размера.

$$T_f \leq T_d$$

Допуски формы назначаются только в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска размера.

Отклонения и допуски расположения поверхностей.

Отклонением расположения называется отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от номинального его расположения.

Под номинальным понимается расположение, определяемое номинальными линейными и угловыми размерами между рассматриваемым элементом и базами.

Допуском расположения называется предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположения поверхностей.

Полем допуска расположения называется область в пространстве или на заданной плоскости, внутри которой должны находиться прилегающая поверхность нормируемого элемента или ось, центр, плоскость симметрии нормируемого элемента.

Для оценки точности расположения поверхностей назначают базы. Базой может быть поверхность, её образующая или точка. Если базой является поверхность вращения или резьба, то в качестве базы рассматривают их ось.

Отклонение и допуски поверхности. (//)

Отклонение от параллельности – это разность  $\Delta$  наибольшего  $a$  и наименьшего  $b$  расстояний между плоскостями (прилегающими) в пределах нормируемого участка.

Отклонения и допуски перпендикулярности ( $\perp$ ).

Отклонение от перпендикулярности плоскостей – это отклонение угла между плоскостями от прямого угла ( $90^\circ$ ), выраженное в линейных единицах  $\Delta$  на длине нормируемого участка  $L$ .

Отклонения и допуски соосности и симметричности.

Отклонение от соосности относительно оси базовой поверхности – это наибольшее расстояние  $\Delta$  между осью рассматриваемой поверхности вращения и осью базовой поверхности на длине нормируемого участка.

Отклонение от симметричности относительно базовой плоскости – это наибольшее расстояние  $\Delta$  между плоскостью симметрии рассматриваемой поверхности и базовой плоскостью симметрии в пределах нормируемого участка.

Суммарные отклонения и допуски формы и расположения поверхностей.

Это особая группа допусков, к которой относятся допуски на радиальной и торцовое биение.

Радиальное биение ( $\uparrow$ ) – это результат совместного проявления отклонения от круглости профиля рассматриваемого сечения и отклонения его центра относительно базовой оси и равно разности наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля до базовой оси в сечении плоскостью  $\perp$  базовой оси.

Торцовое биение ( $\uparrow$ ) – это суммарное отклонение торцовой поверхности от плоскости и от перпендикулярности относительно базовой оси и равно разности наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцовой поверхности до плоскости  $\Delta$  базовой оси.

Допустимое радиальное биение, равное 0,01 мм, ступени  $\varnothing$  60 мм относительно ступени  $\varnothing$  30 мм и допустимое торцовое биение, равное 0,05 мм ступени  $\varnothing$  60 мм относительно оси ступени  $\varnothing$  30 мм, измеряемое на  $\varnothing$  50 мм.

## 2 Определение овальности

Одним из частных видов отклонений от круглости является овальность. Овальность детали возникает, например, вследствие биения шпинделя токарного или шлифовального станка, дисбаланса детали и других причин.

Овальность вала (см. рисунок 1) рассчитывается по формуле

$$\Delta_{\text{ов}} = (d_a - d_{\delta}) / 2, (1)$$

где  $d_a$  – наибольший измеренный диаметр вала, мм;

$d_{\delta}$  – наименьший измеренный диаметр вала, мм.

Овальность вала подсчитывается для каждого диаметрального сечения как величина полуразности диаметров по формулам

$$\Delta_{\text{ов} I} = (d_{aI} - d_{\delta I}) / 2, (2)$$

$$\Delta_{\text{ов} II} = (d_{aII} - d_{\delta II}) / 2, (3)$$

$$\Delta_{\text{ов} III} = (d_{aIII} - d_{\delta III}) / 2, (4)$$

где  $I-I$  – сечение, расположенное у одного торца вала;

$II-II$  – сечение, расположенное в середине вала;

$III-III$  – сечение, расположенное у другого торца вала.

## 3 Определение бочкообразности, седлообразности и конусообразности

Частными видами отклонения профиля продольного сечения цилиндрической поверхности являются бочкообразность, седлообразность и конусообразность.

Бочкообразность (рисунок 1) – это отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине.

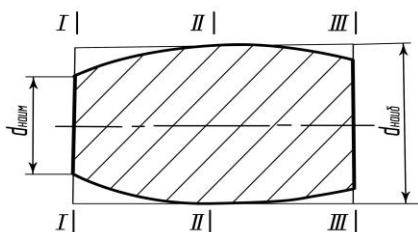


Рисунок 1 – Бочкообразность

Седлообразность (рисунок 2) – это отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения.

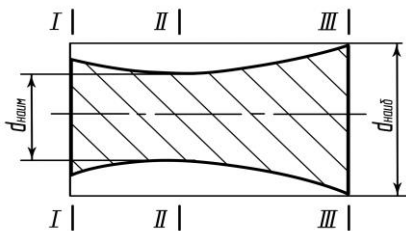


Рисунок 2 – Седлообразность

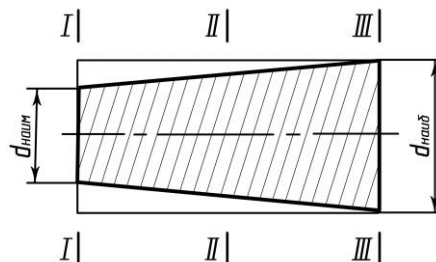


Рисунок 3 – Конусообразность

Конусообразность (рисунок 3) – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но непараллельны.

Конусообразность подсчитывается как полуразность диаметров, измеренных в сечениях, расположенных у разных торцов вала по формулам:

$$\Delta_{\text{кон а}} = (d_{aIII} - d_{aI}) / 2, (5)$$

$$\Delta_{\text{кон б}} = (d_{бIII} - d_{бI}) / 2. (6)$$

Бочкообразность или седлообразность подсчитывают как полу-разность диаметров, измеренных в сечениях, расположенных одно у торца, а другое в середине вала по формулам:

$$\Delta_{\text{бочк а}} = (d_{aII} - d_{aI}) / 2, (7)$$

$$\Delta_{\text{бочк б}} = (d_{бII} - d_{бI}) / 2, (8)$$

$$\Delta_{\text{седл а}} = (d_{aIII} - d_{aII}) / 2, (9)$$

$$\Delta_{\text{седл б}} = (d_{бIII} - d_{бII}) / 2. (10)$$

Если диаметры в средних сечениях оказываются больше, чем у торцов, то отклонение формы называют бочкообразностью, а если у торцов диаметры больше, чем в середине, то называют седлообразностью.

Во всех случаях вычитается из большего диаметра меньший. В графу таблицы 4 записывают наибольшую величину отклонения формы из числа измеренных в разных сечениях.

#### 4 Определение годности измеренной детали (вала)

Деталь (вал) признается годной, если действительные размеры вала, измеренные во всех положениях, назначенных схемой измерения (см. рисунок 5), не выходят за пределы наибольшего и наименьшего предельных размеров по чертежу детали и если величины отклонения формы, подсчитанные при обработке результатов измерения, не превышают величины допуска формы, указанного на чертеже.

Если допуск формы на чертеже отдельно не указан, то за его величину берут допуск размера измеряемого элемента детали.

Наибольший предельный размер вала  $d_{max}$  вычисляют по формуле

$$d_{max} = d + es, \quad (11)$$

а наименьший предельный размер вала  $d_{min}$  вычисляют по формуле

$$d_{min} = d + ei, \quad (12)$$

где  $es$  – верхнее предельное отклонение вала (определяется по

ГОСТ 25347-82);

$ei$  – нижнее предельное отклонение вала (определяется по

ГОСТ 25347-82).

Вал считается годным, если его действительные размеры, измеренные в нескольких сечениях *I-I*, *II-II*, *III-III* и в разных плоскостях *a* и *b*, не выходят за пределы наибольшего и наименьшего предельных размеров, рассчитанных по формулам (11) и (12), то есть должно выполняться следующее условие:

$$d_{min} \leq d_r \leq d_{max}, \quad (13)$$

где  $d_{max}$  – наибольший предельный размер вала;

$d_{min}$  – наименьший предельный размер вала;

$d_r$  – действительный размер вала.

Если действительные размеры вала ( $d_r$ ) после его обработки окажутся меньше  $d_{min}$ , то этот вал относят к окончательному браку, потому что этот вал уже нельзя исправить

Если действительные размеры вала ( $d_r$ ) окажутся больше  $d_{max}$ , то этот вал относят к исправимому браку, так как этот вал еще можно исправить

Допуск вала ( $Td$ ) – это алгебраическая разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами вала.

Допуск вала определяется по формуле

$$Td = d_{max} - d_{min}, \quad (14)$$

или через предельные отклонения

$$Td = es - ei. \quad (15)$$

Кроме того, должны выполняться также и другие условия

$$\Delta_{ов} \leq T_f, \quad (16)$$

$$\Delta_{бочк, седл, кон} \leq T_f, \quad (17)$$

то есть величины отклонения формы не должны превышать величины допуска формы.

Величина допуска формы, как уже говорилось выше, принимается в нашем случае равной 30 % допуска размера измеряемого элемента детали

$$Tf = 0,3 Td. (18)$$

### Порядок выполнения

1. Для правильного выполнения практической работы необходимо ознакомиться с приемами применения гладких микрометров для измерения размеров и отклонением формы поверхностей деталей;
2. Обработка результатов измерения
3. Оформление отчета

**Задание:** Измерить гладким микрометром диаметр элемента вала и определить отклонения формы его поверхности.

По результатам измерения диаметров вала найти наибольший и наименьший диаметры вала и подсчитать величину каждого отклонения формы поверхности вала в отдельности.

**Измеряемая деталь:** цилиндрический ступенчатый вал.

**Измеряемые детали** – цилиндрические валы, номинальные размеры валов от 10 до 50 мм, длина от 20 до 100 мм.

**Средство измерения:** Гладкий микрометр, цена деления шкалы барабана 0,01 мм.

### Образец выполнения и оформления

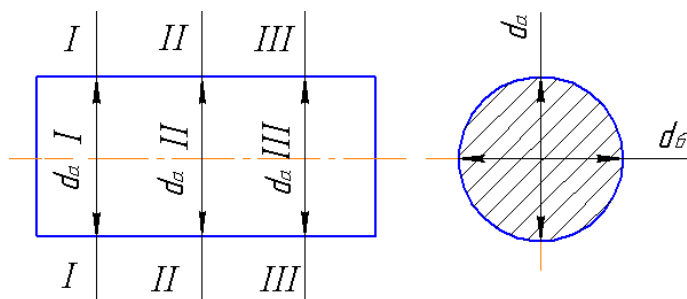


Рисунок 1 – Схема измерения.

1. Выбираем для данной детали микрометр с точностью 0,01 мм, что позволит произвести измерения.
2. Протираем цилиндрическую поверхность измерения.
3. Устанавливаем микрометр на 0.
4. Снимаем показания микрометра, руководствуясь схемой измерения вала в сечениях  $d_{aI}$ ,  $d_{aII}$ ,  $d_{aIII}$ ,  $d_a$ ,  $d_b$ .

$$d_{aI} = 25,21 \text{ мм}$$

$$d_{aII} = 25,11 \text{ мм}$$

$$d_{aIII} = 25,23 \text{ мм}$$

$$d_{acr} = d_{aI} + d_{aII} + d_{aIII} / 3 = 25,21 + 25,11 + 25,23 / 3 = 25,18 \text{ мм.}$$

5. По результатам измерения диаметров вала, определяем наибольший и наименьший диаметры вала и рассчитываем величину каждого отклонения поверхности вала в следующем порядке:

По результатам измерений установлено отклонение от цилиндричности в продольном направлении, частным случаем которого является седлообразность. Числовое значение седлообразности вычисляется по формуле:

$$\Delta_{\text{седл}} = d_{aIII} - d_{aII} \quad (1.1)$$

где,  $d_{aIII}$  – наибольший диаметр вала в продольном сечении;

$d_{aII}$  – наименьший диаметр вала в продольном сечении.

$$\Delta_{\text{седл}} = 0,12 \text{ мм.}$$

Устанавливаем отклонение формы в поперечном направлении.

$$d_{aI} = 25,10 \text{ мм.}$$

$$d_{bI} = 25,09 \text{ мм.}$$

Также по результатам измерений установлено отклонение в поперечном сечении - некруглость. Частным случаем является овальность. Числовое значение овальности рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{\text{ов}} = d_{aI} - d_{bI} \quad (1.2)$$

где,  $d_b$  - наибольший диаметр вала в поперечном сечении;

$d_a$  - наименьший диаметр вала в продольном сечении.

$$\Delta_{\text{ов}} = 25,10 - 25,09 = 0,01 \text{ мм.}$$

### Ход работы

- 1) Заполнить таблицу 1. В ней указать метрологические характеристики (цена деления и т.д.) гладкого микрометра, при помощи которого будут производиться измерения.
- 2) По ГОСТ 25347-82 в соответствии с указанным обозначением поля допуска определить верхнее ( $es$ ) и нижнее ( $ei$ ) предельные отклонения вала и записать в таблицу 2.
- 3) Рассчитать предельные размеры вала  $d_{max}$  по формуле (11) и  $d_{min}$  по формуле (12) и записать в таблицу 2.
- 4) Записать показания микрометра (диаметры вала) в нескольких сечениях  $I-I$ ,  $II-II$ ,  $III-III$  в двух взаимно перпендикулярных осевых плоскостях  $a$  и  $b$ .
- 5) Результаты показаний измерений занести в таблицу 2.
- 6) Рассчитать овальность вала для каждого диаметрального сечения  $I-I$ ,  $II-II$ ,  $III-III$  в двух взаимно перпендикулярных осевых плоскостях  $a$  и  $b$  по формулам (2), (3) и (4).
- 7) Определить вид отклонения профиля продольного сечения цилиндрической поверхности (бочкообразность, или седлообразность, или конусообразность) по полученным действительным размерам в плоскости  $a$  в трех сечениях  $I-I$ ,  $II-II$ ,  $III-III$  и по полученным действительным размерам в плоскости  $b$  в трех сечениях  $I-I$ ,  $II-II$ ,  $III-III$ .
- 8) После определения конкретного вида отклонения профиля продольного сечения цилиндрической поверхности (как в плоскости  $a$ , так и в плоскости  $b$ ) необходимо подсчитать величину этого отклонения: или конусообразности по формулам (5) и (6), или бочкообразности по формулам (7) и (8), или седлообразности по формулам (9) и (10) в плоскостях  $a$  и  $b$ .
- 9) Дать заключение о годности вала по размерам, учитывая условие годности вала (13).



- 10) Определить допуск вала ( $T_d$ ) по формуле (14) или (15).
- 11) Рассчитать допуск формы ( $T_f$ ) по формуле (18).
- 12) Дать заключение о годности вала по отклонениям формы, учитывая условия (16) и (17). Если величины отклонения формы, подсчитанные при обработке результатов измерения, не превышают 30 % величины допуска размера, то деталь признается годной.
- 13) Заполнить таблицу 2.
- 14) Вычертить эскиз измеряемого вала.
- 15) На эскизе вала проставить номинальные размеры и указать поля допусков. Если требуется, то указать на эскизе допуски формы.

Таблица 1 – Метрологические характеристики средства измерения

Наименование измерительного средства	Цена деления, мм	Диапазон измерения, мм	Предельная погрешность измерения, мкм
МК-25-2	0,01 мм	Микрометр гладкий МК от 0 до 25 мм, кл. 2	5
МК-50-1	0,01 мм	Микрометр гладкий МК от 25 до 50 мм, кл. 1	10

Таблица 2 – Результаты измерения

Номинальный размер, мм			
Поле допуска			
$es$ , мкм	$ei$ , мкм	$d_{max}$ , мм	$d_{min}$ , мм
$T_d$ , мкм		$T_f$ , мкм	

$Td$ , мм		$Tf$ , мм		
Действительный размер, мм		сечения		
		<i>I-I</i>	<i>II-II</i>	<i>III-III</i>
$d_r$	<i>a</i>			
$d_r$	<i>б</i>			
Овальность, мм				
Бочкообразность, мм	<i>a</i>			
	<i>б</i>			
Седлообразность, мм	<i>a</i>			
	<i>б</i>			
Конусообразность, мм	<i>a</i>			
	<i>б</i>			

**Вывод:** В процессе изготовления деталей существует много погрешностей. Например, неточность измерительных приборов, неточность станка, неточность режущего инструмента и т.д. Эти причины способствуют возникновению отклонений формы и расположения поверхностей.

В данной работе был установлен действительный размер вала, отклонения в продольном и поперечном сечениях вала.

#### Вопросы для самоконтроля

- Какие погрешности формы можно обнаружить гладким микрометром?
- Каков принцип работы гладкого микрометра?

- Из чего состоит гладкий микрометр?
- Из чего состоит полное показание гладкого микрометра?
- Что такое овальность?
- Как рассчитывается отклонение от круглости?
- Что такое бочкообразность? Как подсчитать бочкообразность?  
Как подсчитать конусообразность?
- Что называется седлообразностью?
- Дать определение конусообразности.

### **Основная и дополнительная литература**

1. Сергеев, А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / А.Г. Сергеев, М.В. Латышев, В.В. Терегеря. – М.: Логос, 2006. – 536 с. (учебник 21 века).

2. Метрология. Стандартизация. Сертификация: учебник для студентов вузов / под ред. В.М. Мишина. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 95 с.

3. Берков, В.И. Технические измерения (альбом) / В.И. Берков. –

3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1983. – 144 с.

4. Ганевский, Г.М. Лабораторно-практические работы по предмету

«Допуски и технические измерения» / Г.М. Ганевский. – 2-е изд., исправ. – М.: Высш. шк., 1988. – 64 с.

5. Т.Н. Зырянова Измерение размеров и отклонений формы поверхностей деталей гладким микрометром. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов всех специальностей и форм обучения. Бийск.Издательство Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова