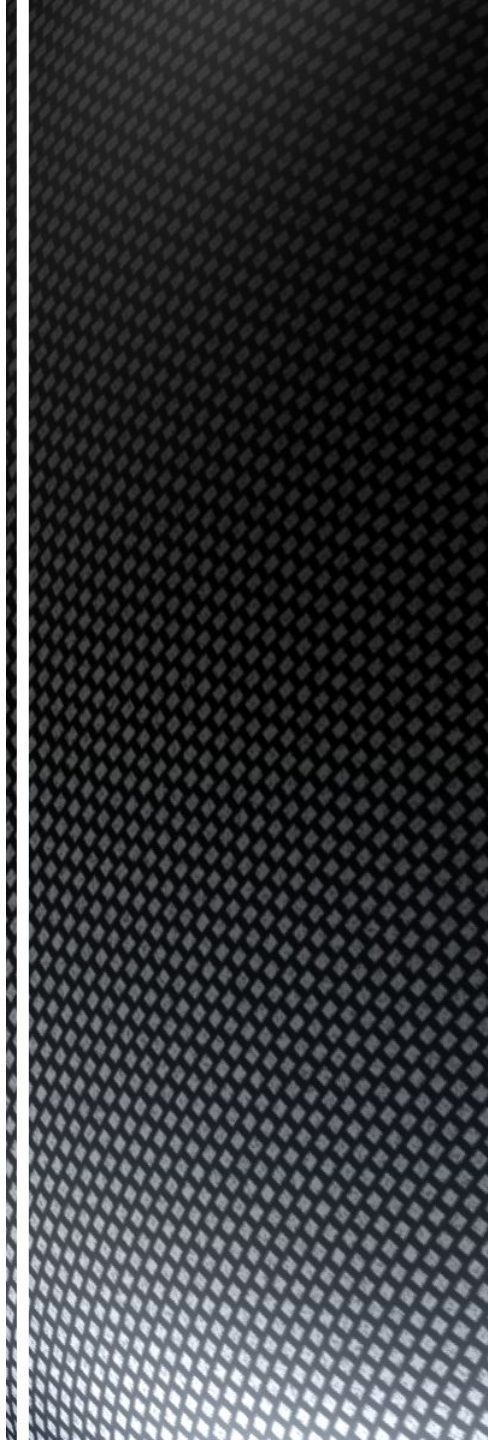


**Тема 5. Нормирование  
шероховатости поверхности,  
точности формы и  
расположения поверхностей**



## 5.1 Шероховатость поверхности

### *Шероховатость поверхности* –

это совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная с помощью базовой длины (ГОСТ 2789-73).

Условно границу между отклонениями формы поверхности различных порядков можно установить по значению отношения шага ( $S_w$ ) к высоте неровностей ( $W_z$ ):

при  $\frac{S_w}{W_z} \leq 40$  – отклонения относятся к шероховатости поверхности;

при  $40 \leq \frac{S_w}{W_z} \leq 1000$  – отклонения относятся к волнистости;

при  $\frac{S_w}{W_z} > 1000$  – отклонения относятся к отклонениям формы по-

верхности.

# Параметры для оценки шероховатости поверхности

## - **высотные параметры:**

- 1)  $R_a$  – среднее арифметическое отклонение профиля;
- 2)  $R_z$  – высота неровностей профиля по десяти точкам;
- 3)  $R_{max}$  – наибольшая высота неровностей профиля;

## - **шаговые параметры:**

- 4)  $S_m$  – средний шаг неровностей;
- 5)  $S$  – средний шаг местных выступов профиля;

## - **опорный параметр:**

- 6)  $t_p$  – относительная опорная длина профиля.

## Обозначение шероховатости поверхности на чертежах

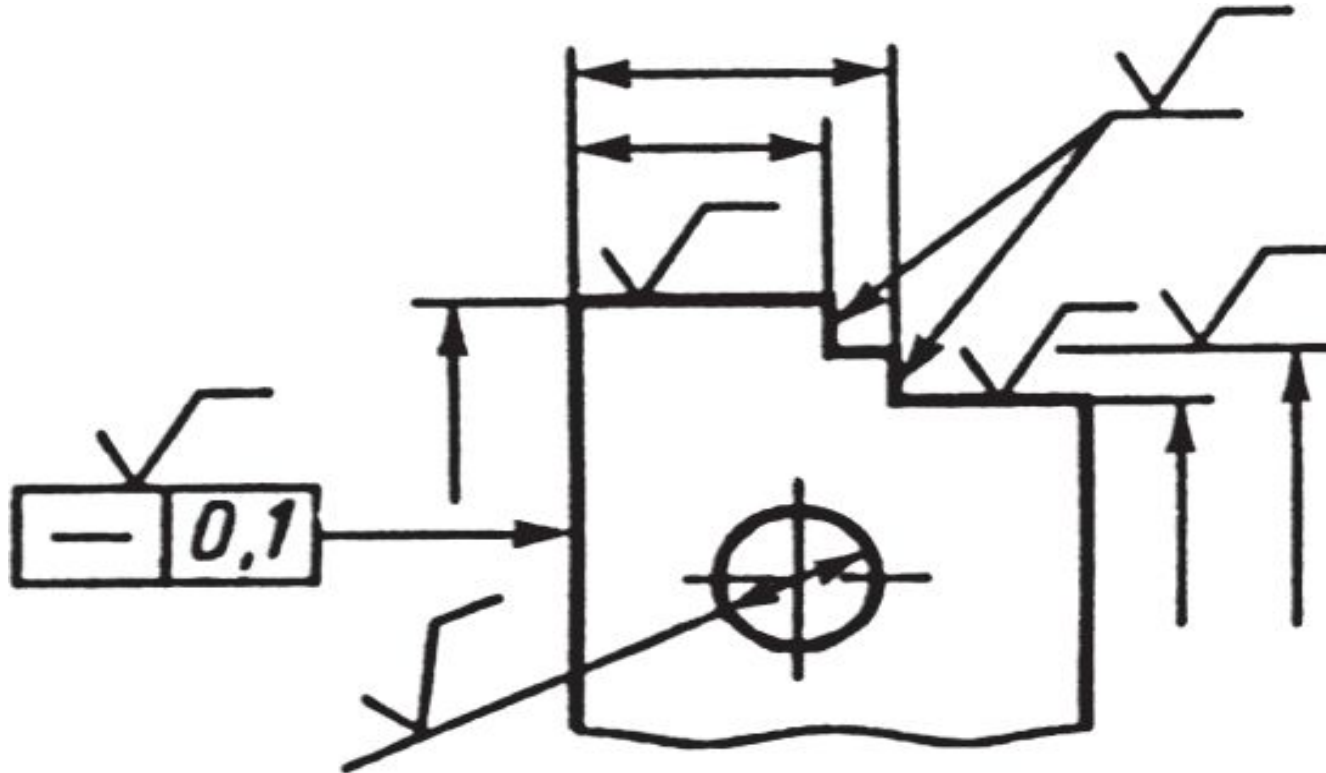


**Первый знак** применяют, когда способ обеспечения шероховатости конструктором не определен.

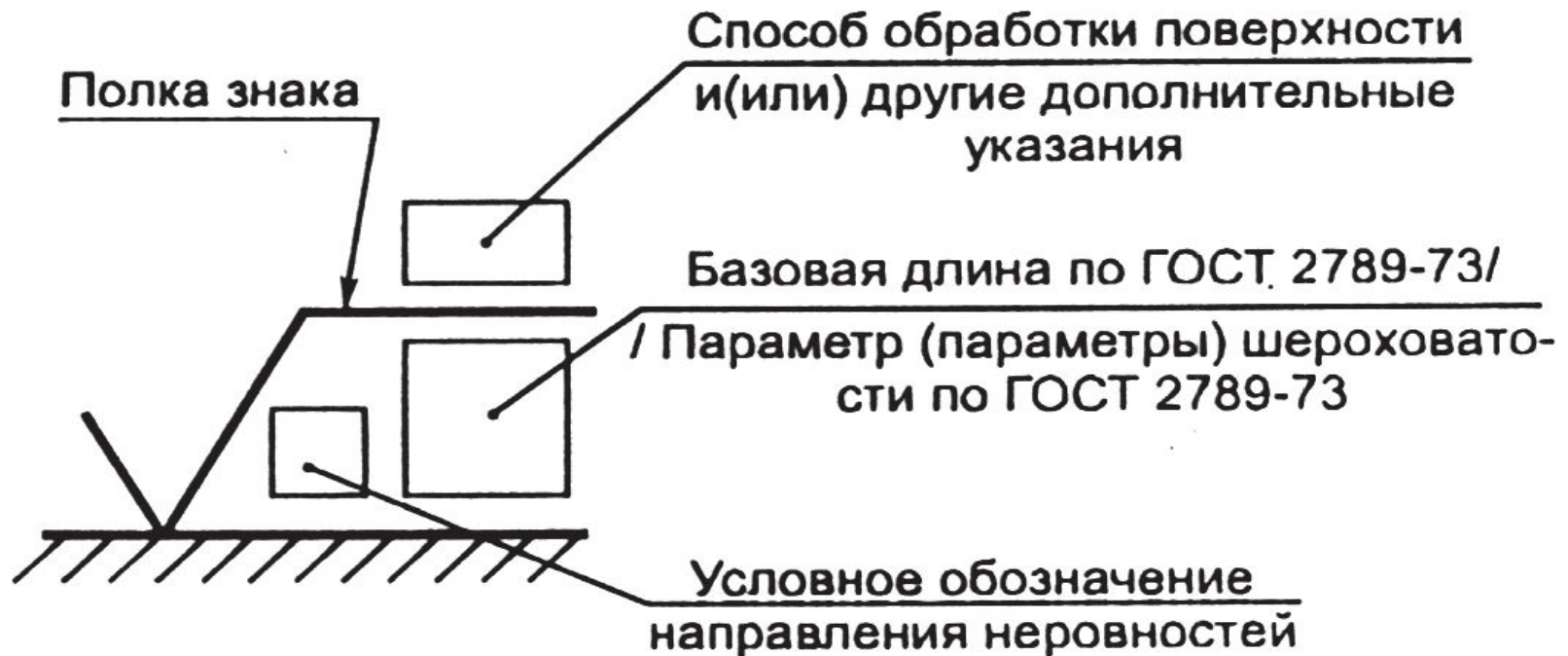
**Второй знак** применяют, когда шероховатость поверхности должна быть обеспечена удалением слоя металла.

**Третий знак** применяют для обозначения шероховатости поверхности, полученной литьем, ковкой, штамповкой, прокаткой и т.п., т.е. без удаления слоя металла. Последний знак применяют также в обозначении шероховатости поверхности, к обработке которой требования не установлены.

# Расположение знаков обозначения шероховатости поверхности



# Структура обозначения шероховатости поверхности



Значение параметра шероховатости указывают в обозначении шероховатости после соответствующего символа, например:  $Ra$  0,4;  $R_{max}$  6,3;  $S_m$  0,63;  $t_{50}$  70;  $S$  0,032;  $Rz$  50.

**Примечание.** В примере  $t_{50}$  70 указана относительная опорная длина профиля  $t_p = 70\%$  при значении уровня сечения профиля  $p = 50\%$ .

## Обозначение шероховатости поверхности

Из параметров шероховатости  $R_a$  и  $R_z$  в обозначении может присутствовать только один и предпочтение отдают параметру  $R_a$ .

Над полкой знака шероховатости записывают **вид обработки** поверхности только в том случае, **когда он является единственным** для получения требуемого качества поверхности (рисунок 1).

Под полкой знака указывают **базовую длину** только тогда, когда высотные параметры  $R_z$  и  $R_a$  определяются в пределах базовой длины, **отличающейся от стандартной**.

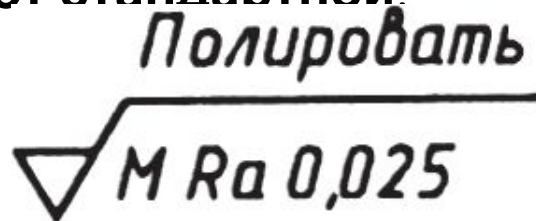


Рисунок 1 – Пример обозначения шероховатости поверхности

# Основные методы измерения шероховатости поверхности

Существуют *три основных метода измерения шероховатости поверхности*:

- 1) определение параметров шероховатости сравнением с образцами;
- 2) бесконтактный метод при использовании приборов светового сечения, двойного микроскопа, микроинтерферометра и др.;
- 3) контактный метод с использованием щуповых приборов различных моделей, например, профилографа-профилометра и



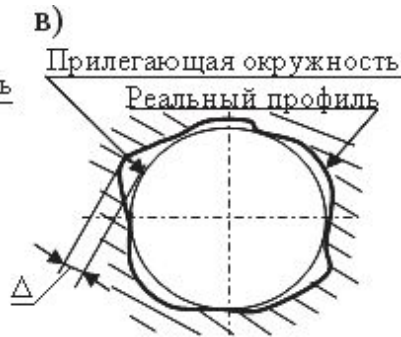
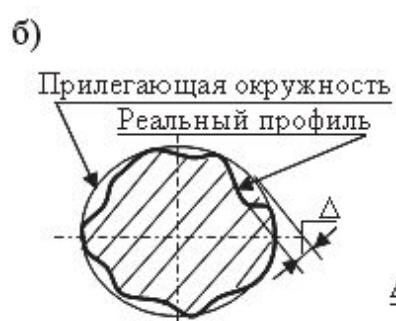
## 5.2 Отклонения и допуски формы поверхностей

Под **отклонением формы** поверхности понимают отклонение формы реальной поверхности от формы номинальной поверхности.

**Номинальная поверхность** – идеальная поверхность, номинальная форма которой задана чертежом или другой технической документацией. Реальные поверхности у детали получаются после изготовления. В основу нормирования и количественной оценки отклонений формы и расположения положен принцип прилегающих прямых, поверхностей и профилей.

**Прилегающая прямая** – прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная **вне материала** детали так, чтобы отклонения от нее до наиболее удаленной точки реального профиля было минимальным (рисунок 2, а).

**Прилегающая окружность** – это окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения или максимального диаметра, вписанного в реальный профиль внутренней поверхности вращения (рисунок 2, б, в). Различают также прилегающую плоскость, прилегающий цилиндр и т.п.



Приняты следующие

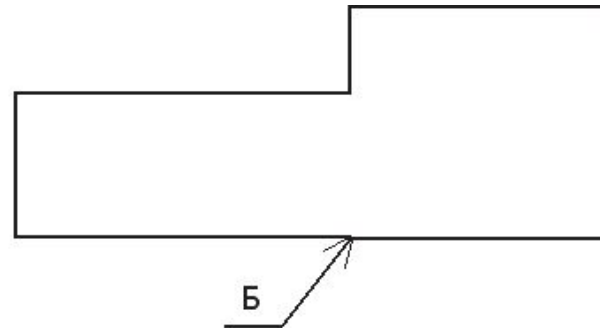
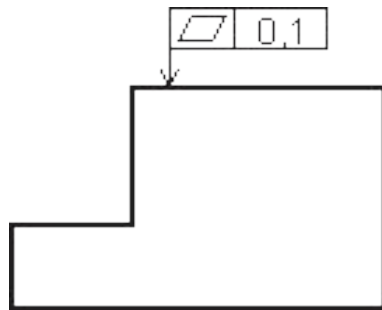
буквенные обозначения:

**Δ** – отклонение формы или расположения поверхностей;  
**T** – допуск формы или допуск расположения;  
**L** – длина нормируемого участка.

## 5.2.1 Отклонения формы плоских поверхностей

**Комплексный показатель**, характеризующий точность формы плоских поверхностей, – это **отклонение от плоскостности** (  $\square$  ) (рисунок 3). Отклонение от плоскостности определяют как наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка.

Частными видами отклонений от плоскостности являются **выпуклость** и **вогнутость**. Условных обозначений эти показатели не имеют, поэтому на чертеже обозначают поверхность (русскими прописными буквами), а в технических требованиях делают соответствующую запись (рисунок 4).



Вогнутость поверхности Б не более 0,1 мм

Рисунок 3 – Обозначение плоскостности

Рисунок 4 – Обозначение вогнутости

## 5.2.1 Отклонения формы плоских поверхностей

Показателем, характеризующим также точность формы плоских поверхностей, является **отклонение от прямолинейности** ( $-$ ). Отклонение от прямолинейности плоскости определяют как наибольшее расстояние ( $\Delta$ ) от точек реального профиля до прилегающей прямой (рисунок 5, в). Рассмотрим несколько возможных вариантов простановки отклонения от прямолинейности.



а – образующих цилиндрической поверхности; б – оси цилиндрической поверхности; в – указанной поверхности

Рисунок 5 – Варианты простановки отклонений от прямолинейности

## 5.2.2 Отклонения формы цилиндрических поверхностей

Комплексным показателем точности формы цилиндрической поверхности является **отклонение от цилиндричности** ( $/O/$ ). **Отклонение от цилиндричности** – наибольшее расстояние ( $\Delta$ ) от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка ( $L$ ). Это отклонение определяет точность цилиндрической поверхности в двух сечениях – продольном и поперечном.

**Отклонение профиля продольного сечения (=)** – наибольшее расстояние ( $\Delta$ ) от точек образующих (образующих цилиндрической поверхности) реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка ( $L$ ) (рисунок 6).

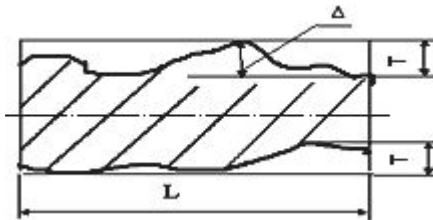


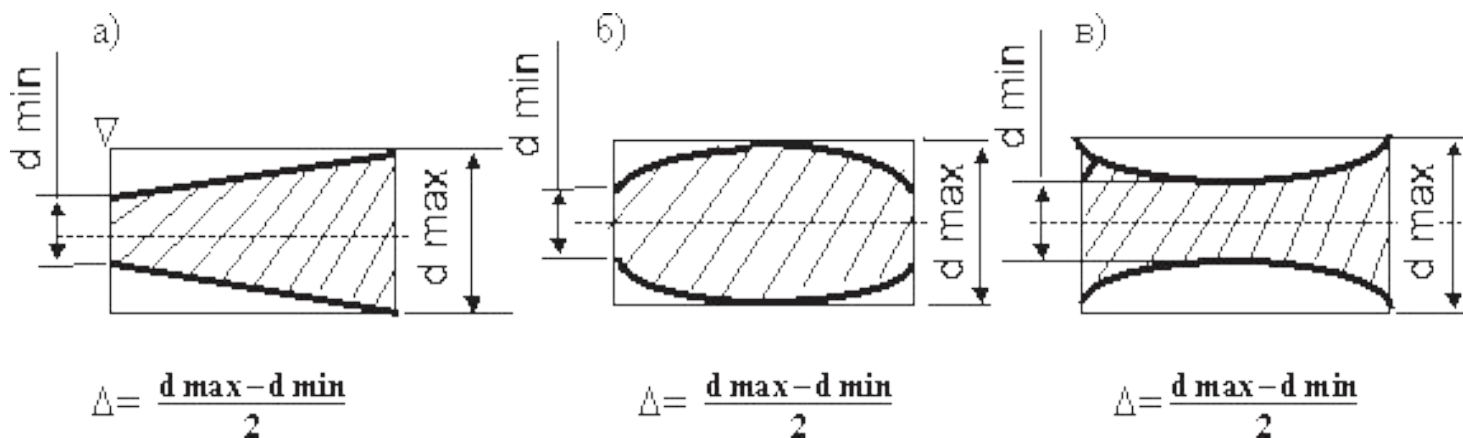
Рисунок 6 – Допуск и отклонение профиля продольного сечения

## 5.2.2 Отклонения формы цилиндрических поверхностей

**Конусообразность** – отклонение продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (рисунок 7, а).

**Бочкообразность** – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны, и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рисунок 7, б).

**Седлообразность** – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны, и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения (рисунок 7, в).



а – конусообразность; б – бочкообразность; в – седлообразность  
Рисунок 7 – Частные виды отклонения профиля продольного сечения

## 5.2.2 Отклонения формы цилиндрических поверхностей

**Отклонение от круглости** ( $O$ ) – наибольшее расстояние ( $\Delta$ ) от точек реального профиля до прилегающей окружности (рисунок 8).

Допуск круглости ( $T$ ) – наибольшее допускаемое значение отклонения от круглости.



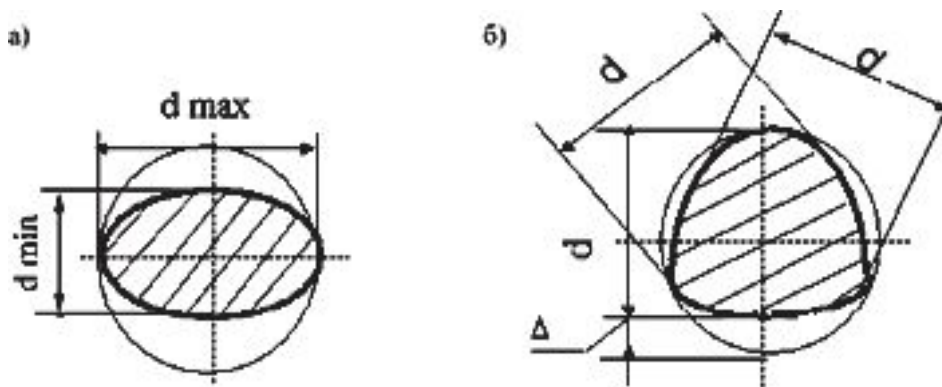
Рисунок 8 – Отклонение от круглости

Частными видами отклонений от круглости являются овальность и огранка.

## 5.2.2 Отклонения формы цилиндрических поверхностей

**Овальность** – отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях (рисунок 9, а).

**Огранка** – отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру. Огранка может быть с четным и нечетным числом граней и характеризуется равенством размера  $d$  (рисунок 9, б).



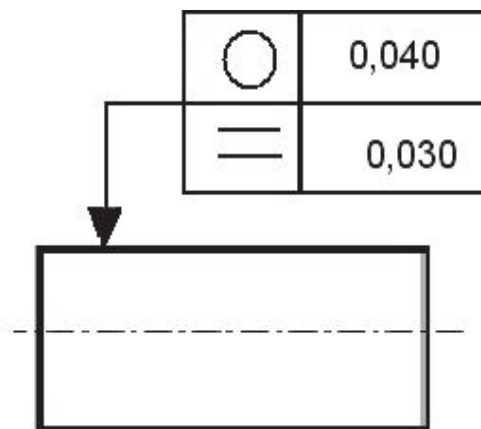
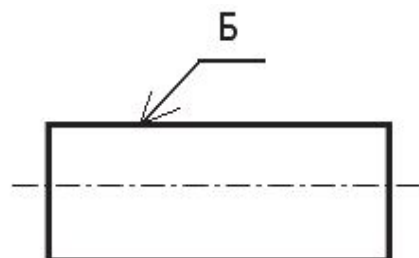
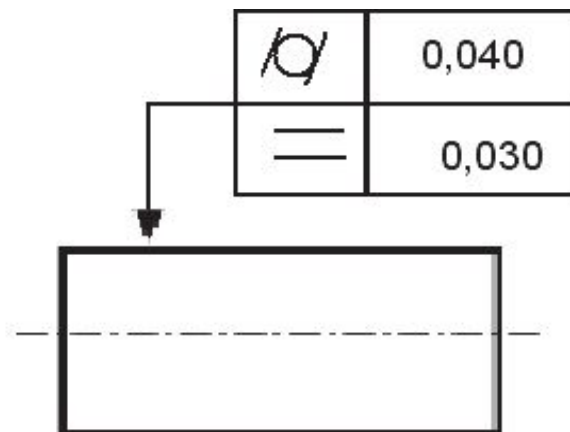
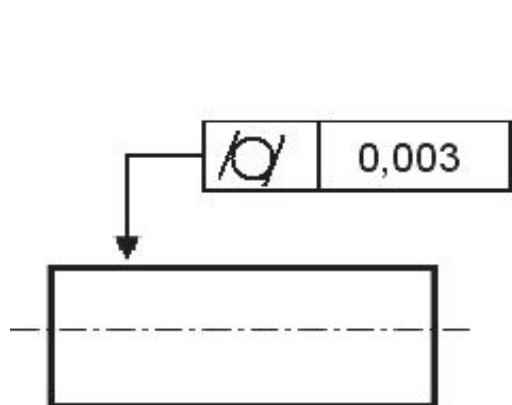
$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$

а - овальность; б - огранка

Рисунок 9 – Отклонения формы цилиндрических поверхностей в поперечном сечении

## 5.2.2 Отклонения формы цилиндрических поверхностей

Примеры обозначения отклонений цилиндрических поверхностей



1. Овальность поверхности Б не более 0,01 мм.
2. Седлообразность поверхности Б не более 0,02 мм.



## 5.3 Отклонения расположения поверхностей

**Отклонение от параллельности плоскостей** (осей, оси и плоскости)  
(//) – разность ( $\Delta$ ) наибольшего и наименьшего расстояний между прилегающими плоскостями в пределах нормируемого участка (рис. 10 и 11)

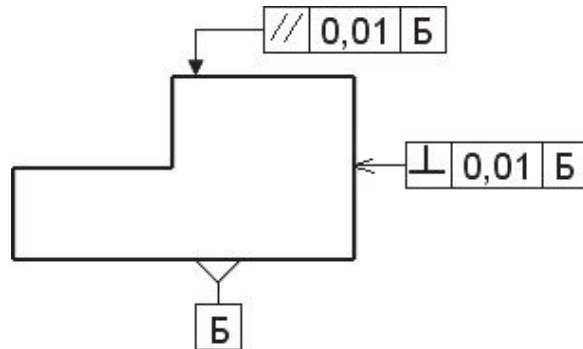


Рисунок 10 – Отклонение от параллельности и перпендикулярности

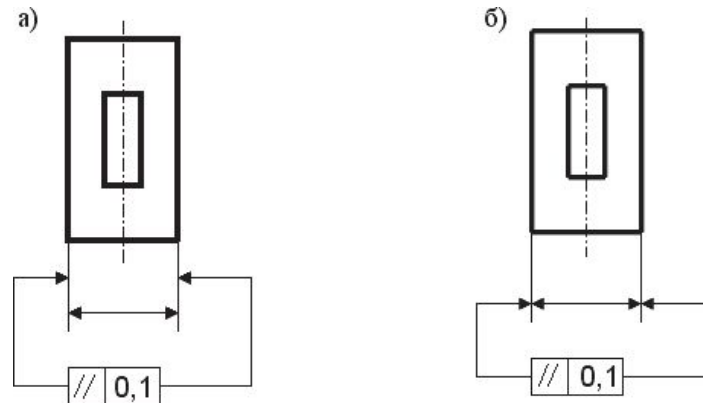


Рисунок 11 – Правильный (а) и неправильный (б) варианты обозначения параллельности

## 5.3 Отклонения расположения поверхностей

**Отклонение от перпендикулярности** плоскостей (осей, оси и плоскости) ( $\perp$ ) – отклонение угла между плоскостями от прямого угла ( $90^\circ$ ), выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка (см. рис. 10).

**Отклонение от соосности** относительно общей оси ( $\odot$ ) – это наибольшее расстояние ( $\Delta$ ) между осью рассматриваемой поверхности вращения и общей осью двух или нескольких поверхностей вращения на длине нормируемого участка. **Отклонение от соосности всегда относится к осям** (рисунок 12).

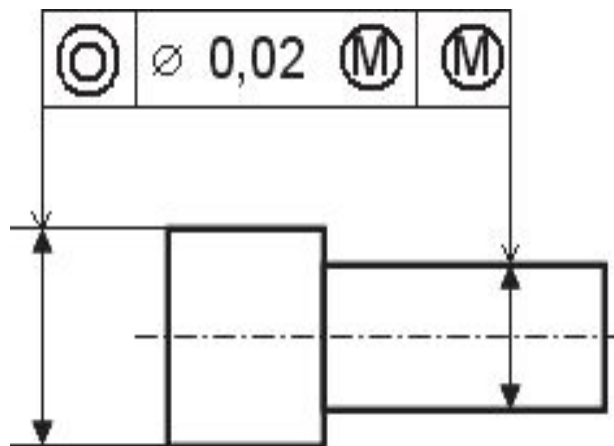


Рисунок 12 – Обозначение отклонения от соосности

## 5.3 Отклонения расположения поверхностей

**Отклонение от симметричности относительно базовой плоскости** – наибольшее расстояние ( $\Delta$ ) между плоскостью симметрии рассматриваемой поверхности и базовой плоскостью симметрии в пределах нормируемого участка (рисунок 13)

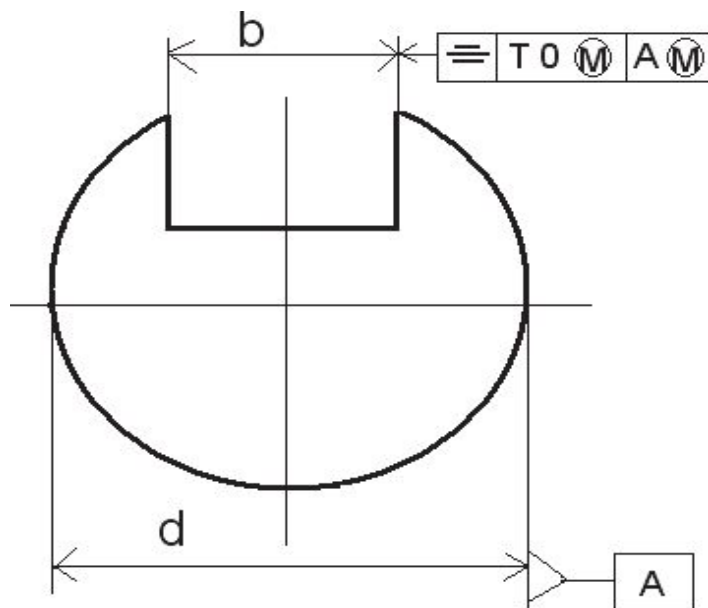


Рисунок 13 – Обозначение отклонения от симметричности

## 5.3 Отклонения расположения поверхностей

*Отклонение от пересечения осей*, которые номинально должны пересекаться, определяют как наименьшее расстояние между рассматриваемой и базовой осями (рисунок 14)

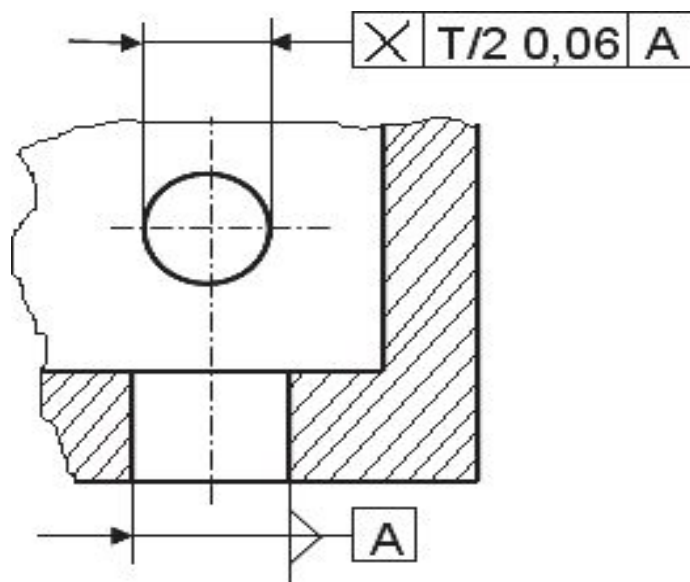


Рисунок 14 – Обозначение отклонения от пересечения осей

## 5.3 Отклонения расположения поверхностей

**Позиционное отклонение** – наибольшее расстояние ( $\Delta$ ) реального расположения элемента (его центра, оси или плоскости симметрии) от его номинального расположения в пределах нормируемого участка. Позиционное отклонение и позиционный допуск были введены вместо термина **смещение оси** (или плоскости симметрии) от номинального расположения (рисунок 15).

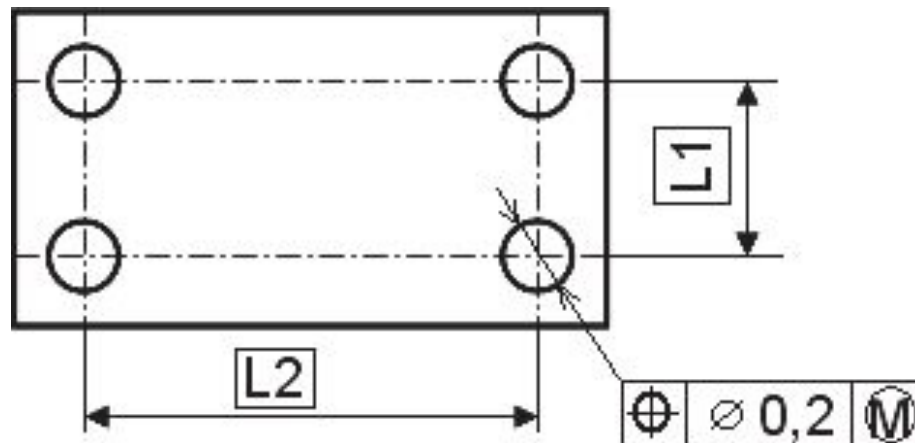


Рисунок 15 – Обозначение позиционного допуска

## 5.3 Отклонения расположения поверхностей

**Отклонение наклона плоскости** (оси, прямой) относительно плоскости (оси, прямой) – отклонение угла между плоскостью и базовой плоскостью от номинального угла, выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка (рисунок 16).

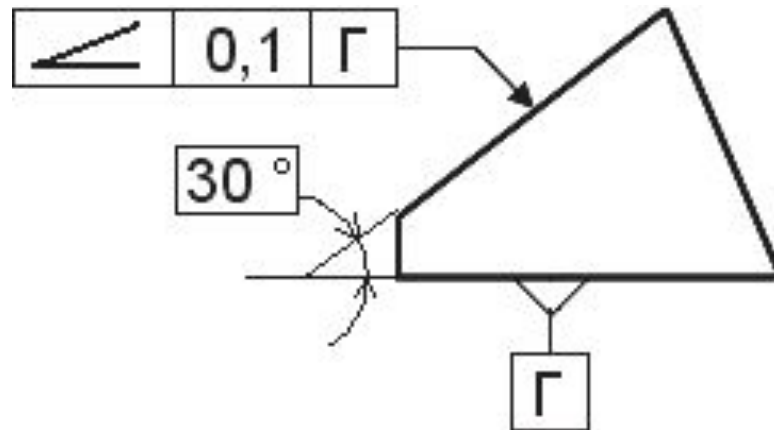


Рисунок 16 – Обозначение отклонения наклона

## 5.3 Отклонения расположения

### поверхностей

**Торцовое биение (полное)** – разность ( $\Delta$ ) наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Оно является результатом **совместного проявления отклонения от плоскостности рассматриваемой поверхности и отклонения от перпендикулярности ее относительно базовой оси** (рисунок 17).

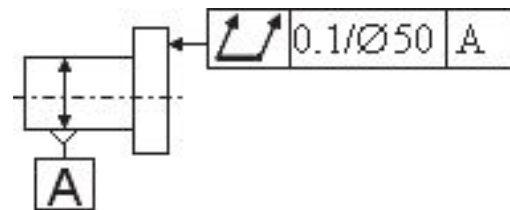


Рисунок 17 – Обозначение полного торцового биения

**Отклонение формы заданного профиля** – наибольшее отклонение  $D$  точек реального профиля, определяемое по нормали к нормируемому профилю в пределах нормируемого участка  $L$ .

**Отклонение формы заданной поверхности** – наибольшее отклонение  $D$  точек реальной поверхности от номинальной поверхности, определяемое по нормали к номинальной поверхности в пределах нормируемых участков  $L1$ ,  $L2$  (рисунок 18).

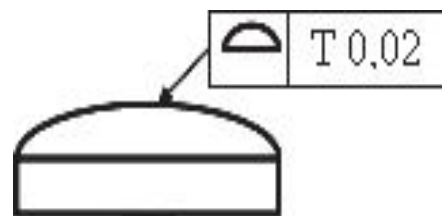


Рисунок 18 – Обозначение отклонения формы заданной поверхности

## 5.4 Зависимый и независимый допуски расположения (формы)

**Зависимым** называют переменный допуск расположения или формы, минимальное значение которого указывается в чертеже или в технических требованиях и которое допускается превышать на величину, соответствующую отклонению действительного размера поверхности детали от проходного предела (наибольшего предельного размера вала или наименьшего предельного размера отверстия) (рисунок 19).

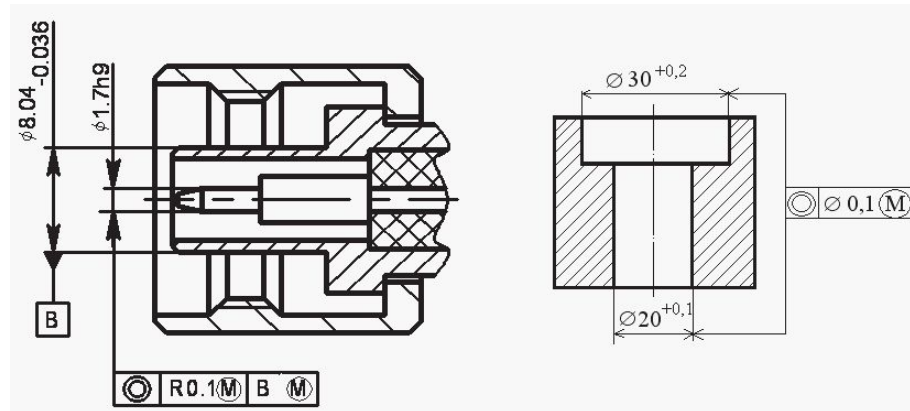


Рисунок 19 – Обозначение зависимых допусков

Допуск расположения или формы может быть зависимым как от точности размеров рассматриваемых поверхностей, так и от точности размеров базовой поверхности.

**Независимым** называют допуск расположения или формы поверхностей, числовое значение которого постоянно и не зависит от действительных размеров рассматриваемых поверхностей.



## 5.5 Нормирование точности формы и расположения поверхностей

Согласно ГОСТ 24643-81, для каждого вида допуска формы и расположения поверхностей установлено 16 степеней точности.

Стандарт устанавливает следующие уровни относительной геометрической точности формы:

**A** – **нормальная** относительная геометрическая точность, допуски формы или расположения составляют примерно 60 % допуска размера;

**B** – **повышенная** относительная геометрическая точность, допуски формы или расположения составляют примерно 40 % допуска размера;

**C** – **высокая** относительная геометрическая точность, допуски формы или расположения составляют примерно 25 % допуска размера.

## Условные обозначения допусков на отклонения формы и расположения поверхностей

Группа допусков	Вид допуска	Знак
Допуск формы	Допуск плоскостности	
	Допуск прямолинейности	
	Допуск цилиндричности	
	Допуск круглости	
	Допуск профиля продольного сечения	
Допуск расположения	Допуск параллельности	
	Допуск перпендикулярности	
	Допуск наклона	
	Допуск соосности	
	Допуск симметричности	
	Позиционный допуск	
	Допуск пересечения осей	
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения	
	Допуск торцового биения	
	Допуск биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального биения	
	Допуск полного торцового биения	
	Допуск формы заданного профиля	
	Допуск формы заданной поверхности	