

Допуски формы, расположение  
поверхности, шероховатость  
поверхности

Допуски формы и расположения поверхностей регламентируются следующими стандартами: ГОСТ 24642-83. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения.

ГОСТ 24643-83. Числовые значения отклонений формы и взаимного положения.

ГОСТ 2.308-79. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.

Точность геометрических параметров деталей характеризуется не только **точностью размеров элементов, но и точностью формы и взаимного расположения поверхностей.** Отклонения формы и расположения поверхностей, возникающие в процессе обработки деталей, приводят к уменьшению износостойкости подвижных соединений, снижению прочности неподвижных соединений, нарушению нормальной работы отдельных узлов и механизмов из них состоящих, то есть снижают технологические показатели изделий.

## Геометрические параметры деталей.

Основные понятия.

**Номинальная поверхность** – идеальная поверхность, размеры и форма которой соответствуют заданным номинальным размерам и номинальной форме.

**Реальная поверхность** – поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды.

**Профиль** – линия пересечения поверхности с плоскостью или с заданной поверхностью (существуют понятия реального и номинального профилей, аналогичные понятиям номинальной и реальной поверхностей).

**Нормируемый участок  $L$**  – участок поверхности или линии, к которому относится допуск формы, допуск расположения или соответствующее отклонение.

*Если нормируемый участок не задан, то допуск или отклонение относится ко всей рассматриваемой поверхности или длине рассматриваемого элемента. Если расположение нормируемого участка не задано, то он может занимать любое положение в пределах всего элемента.*

**Прилегающая поверхность** – поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.

**Прилегающая поверхность применяется в качестве базовой при определении отклонений формы и расположения.**

**База** – элемент детали или сочетание элементов, по отношению к которым задается допуск расположения рассматриваемого элемента, а также определяются соответствующие отклонения.

## *Отклонения и допуски формы*

*Отклонением формы EF называется отклонение формы реального элемента от номинальной формы, оцениваемое наибольшим расстоянием от точек реального элемента по нормали к прилегающему элементу.*

*Неровности, относящиеся к шероховатости поверхности, в отклонения формы не включаются.*

При измерении формы влияние шероховатости, как правило, устраняется за счет применения достаточно большого радиуса измерительного наконечника.

*Допуском формы TF называется наибольшее допускаемое значение отклонения формы.*

*Виды допусков формы: допуск цилиндричности* тела вращения,  
*допуск круглости* сечения тела вращения,  
*допуск профиля продольного сечения* цилиндрической поверхности,  
*допуск плоскостности*,  
*допуск прямолинейности*.

Виды допусков, их обозначение и изображение на чертежах приведены в таблице

## Условные обозначения допусков формы

Таблица

№ п/п	Вид допуска и его обозначение по ГОСТ 24642-81	Изображение на чертеже
1	Допуск цилиндричности <i>TFZ</i>	
2	Допуск круглости <i>TFK</i>	
3	Допуск профиля продольного сечения цилиндрической поверхности <i>TFP</i>	
4	Допуск плоскостности <i>TFE</i>	
5	Допуск прямолинейности <i>TFL</i>	

ГОСТ 24643-81 устанавливает 16 степеней точности формы (и расположения) поверхностей. Числовые значения допусков в зависимости от степени точности приведены в ГОСТ 24643-81. Выбор допусков зависит от конструктивных и технологических требований и, кроме того, связан с допуском размера.

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

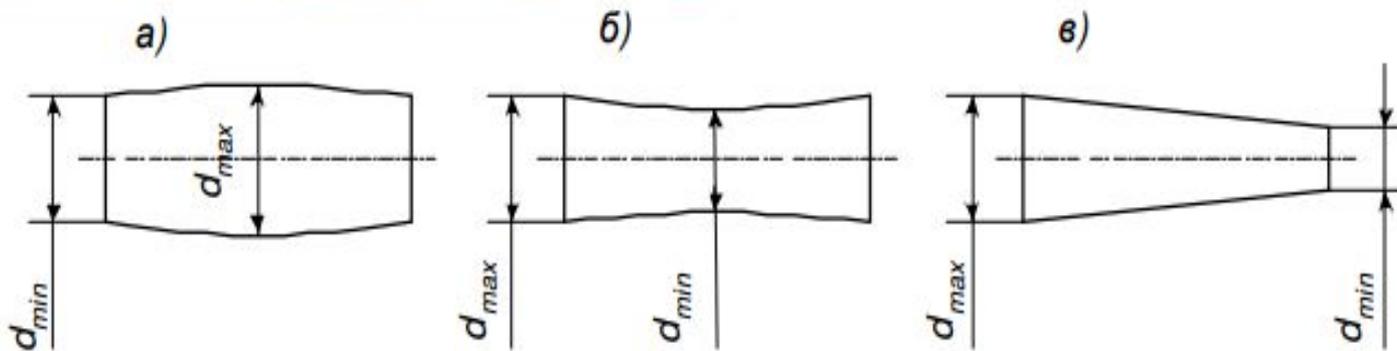
Ни одно из отклонений формы не может превышать допуска размера. Допуски формы назначают, когда они должны быть меньше допуска размера.

## Требования к форме поверхности разделяются на комплексные и частные.

**Комплексные** – это требования к поверхности, одновременно предъявляемые ко всем видам отклонений формы поверхности.

**Частные требования** – это требования к отклонениям, имеющим конкретную геометрическую форму:

а) бочкообразность, б) седлообразность, в) конусообразность.



Частные отклонения формы поверхности

В таблице приведено соответствие достижимой степени точности формы способу обработки (технологии изготовления) для различных видов поверхностей.

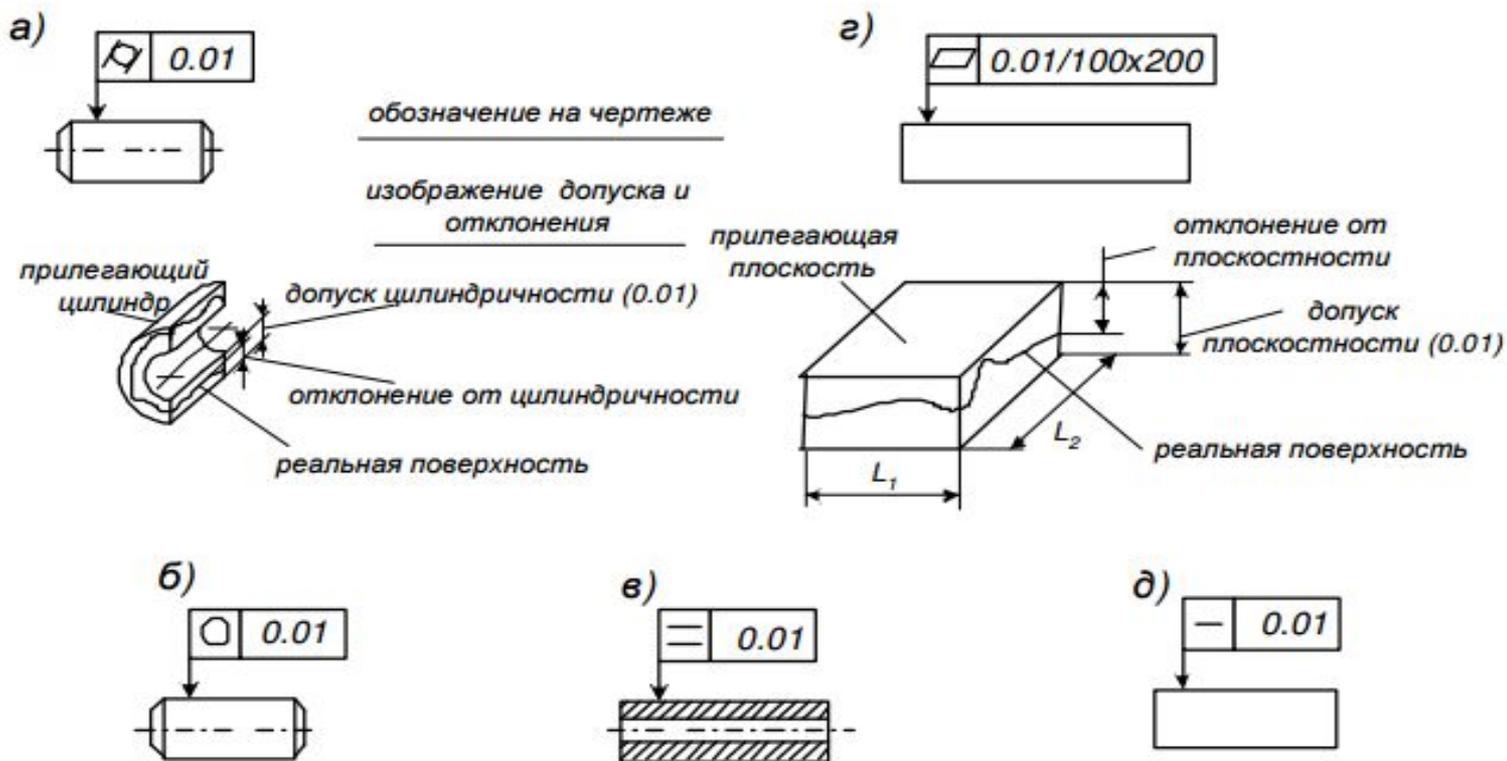
*Таблица соответствия степени точности способу обработки поверхности*

Степень точности	Примеры применения	Способ обработки
1 – 2	Шарики и ролики, посадочные поверхности для подшипников качения классов точности 2 и 4. Измерительные и рабочие поверхности точных средств измерения. Направляющие прецизионных станков.	Доводка, тонкое шлифование, суперфиниширование
3 – 4	Дорожки качения, посадочные поверхности для подшипников качения классов точности 5 и 6, а также сопрягаемые с ними посадочные поверхности валов и корпусов. Измерительные и рабочие поверхности средств измерения нормальной точности. Направляющие станков повышенной точности.	Доводка, тонкое шлифование, хонингование, алмазное точение, шабрение.
5 – 6	Дорожки качения, посадочные поверхности для подшипников качения класса точности 0, а также сопрягаемые с ними поверхности валов и корпусов. Направляющие станков нормальной точности.	Шлифование, хонингование, чистовое точение, развертывание, протягивание

7 – 8	Подшипники скольжения редукторов, гидротурбин. Цилиндры, гильзы, кольца автомобильных двигателей и т. д.	Чистовое обтачивание, развертывание, зенкерование, фрезерование
9 – 10	Подшипники скольжения при малых скоростях, присоединительные поверхности арматуры, фланцев с использованием мягких прокладок.	Обтачивание, и расточивание, сверление, фрезерование, долбление
11 – 12	Неответственные рабочие поверхности механизмов пониженной точности.	Грубая механическая обработка всех видов поверхностей

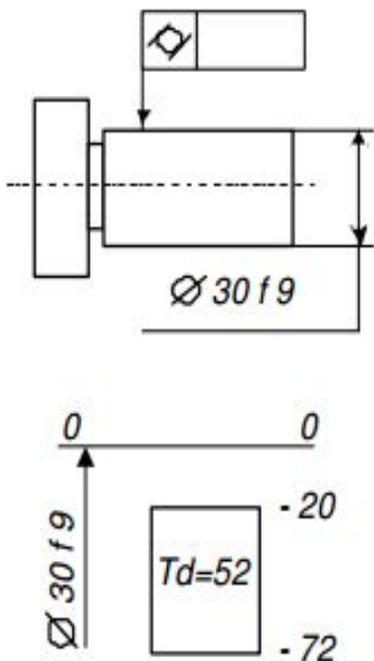
Измерения отклонений формы и расположения поверхностей производятся с помощью поверочных плит, плоскомеров, гидравлическими (по уровню жидкости) и интерференционными приборами

Приведены примеры **обозначений допустимых отклонений формы поверхностей на чертежах**: а) цилиндричности; б) круглости сечения; в) отклонения профиля продольного сечения; г) плоскостности в пределах площади 100 x 200 мм; д) прямолинейности.



Обозначения отклонений формы поверхности

Приведен пример определения числового значения допуска отклонения формы по заданному допуску (калиту) размера.



Установление группы  
относительной точности формы

$$k = \frac{2 T_{\phi}}{T_d} \times 100\%$$

$k_A=60\%$  - группа нормальной относительной точности

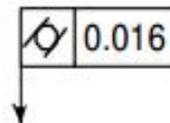
$k_B=40\%$  - группа повышенной относительной точности

$k_C=25\%$  - группа высокой относительной точности

При  $T_d=52$  для группы A :  $T_{\phi}=15.6$

По таблицам ГОСТ 24643-81 значение  $T_{\phi}=16$   
мкм, степень точности 8.

Обозначение на чертеже:



Пример определения допуска формы по допуску размера

*Отклонения и допуски расположения поверхностей*  
*Отклонением расположения ER называется отклонение*  
*реального расположения рассматриваемого элемента от его*  
*номинального расположения.*

Под номинальным понимается расположение, определяемое номинальными размерами.

Для оценки точности расположения поверхностей назначаются базы.

База – элемент детали (или сочетание элементов), по отношению к которому задается допуск расположения рассматриваемого элемента, а также определяется соответствующее отклонение.

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

Обозначения допусков, их обозначение и изображение на чертежах приведены в таблице

## *Условное обозначение допусков расположения*

Допуски расположения при сочетании поверхностей «плоскость– плоскость»		
Наименование	Обозначение	Примечание
1. Допуск параллельности <i>TPA</i>	//	
2. Допуск перпендикулярности <i>TPR</i>	⊥	
3. Допуск наклона <i>TPN</i>	∠	
4. Допуск симметричности <i>TPS</i>	≡	<i>T, T/2</i>
Допуски расположения при сочетании поверхностей «плоскость – цилиндр»		
1. Допуск параллельности <i>TPAx</i>	//	
2. Допуск перпендикулярности <i>TPR</i>	⊥	
3. Допуск наклона <i>TPN</i>	∠	
4. Допуск симметричности <i>TPS</i>	≡	<i>T, T/2</i>
5. Позиционный допуск	⊕	$\emptyset, R$
Допуски расположения при сочетании поверхностей «цилиндр – цилиндр»		
1. Допуск параллельности <i>TPA</i>	//	
2. Допуск перпендикулярности <i>TPR</i>	⊥	
3. Допуск наклона <i>TPN</i>	∠	
4. Допуск соосности <i>EPC</i>	⊙	$\emptyset, R$
5. Допуск пересечения осей	×	<i>T, T/2</i>
6. Позиционный допуск	⊕	$\emptyset, R$

**Оценка величины отклонения расположения производится по расположению прилегающей поверхности, проведенной к реальной поверхности. Таким образом, исключается из рассмотрения отклонение формы поверхности**

## Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей

При изготовлении реальной продукции в большинстве случаев отклонения формы и расположения возникают одновременно. Складывая их получают так называемые суммарные отклонения.

### Типовые суммарные отклонения.

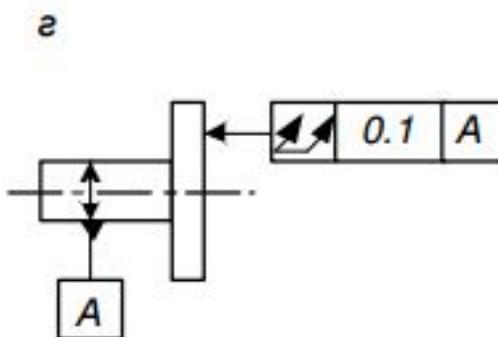
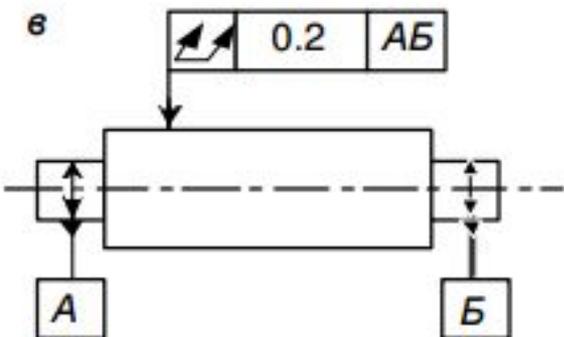
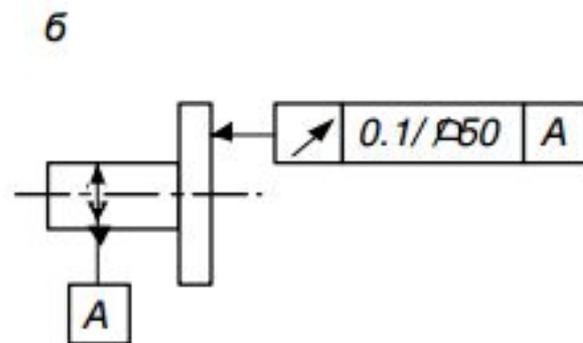
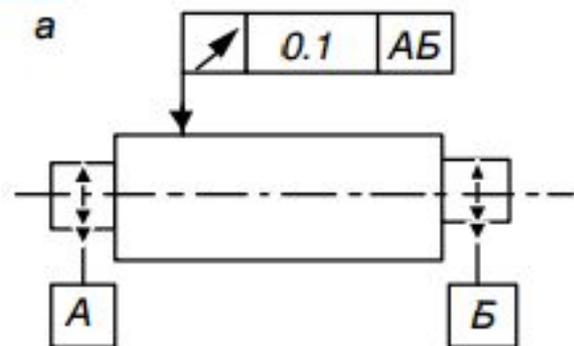
1. **Радиальное биение** – разность наибольшего и наименьшего расстояний от точки реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси.

Радиальное биение является одним из наиболее характерных суммарных отклонений. В нем всегда суммируются отклонение от круглости с отклонением от соосности с базовой осью вращения детали

2. **Торцевое биение** – (разность наибольшего и наименьшего расстояний от точки реального профиля торцевой поверхности до плоскости перпендикулярной базовой плоскости).

3. **Полное радиальное биение** – разность наибольшего и наименьшего расстояний по всей реальной поверхности до базовой оси в пределах нормируемого участка.

4. **Полное торцевое биение** – разность наибольшего и наименьшего расстояний по всей реальной торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси.



Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей

## Шероховатость поверхности

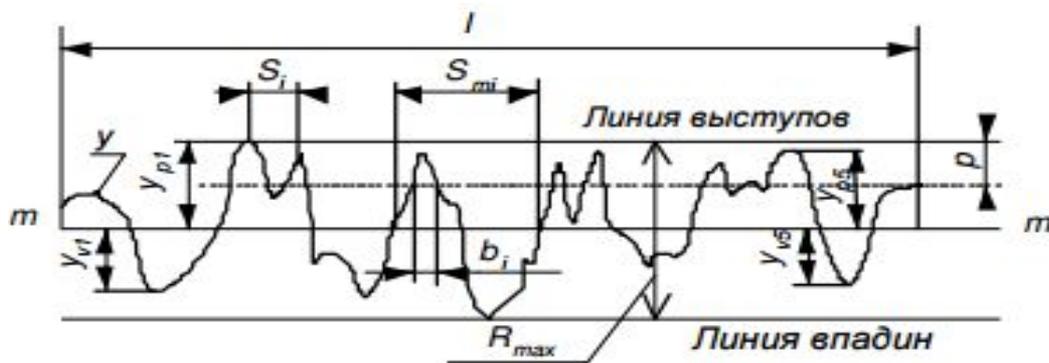
Шероховатость поверхности регламентируется следующими стандартами:

ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения;

ГОСТ 2789 -73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики;

90 ГОСТ 2.309-73. Обозначение шероховатости поверхностей.

Шероховатость поверхности оценивается по неровностям профиля, получаемого путем сечения реальной поверхности плоскостью.



Шероховатость

### Параметры шероховатости

ГОСТ 2789-73 установлены следующие параметры шероховатости.

1. Среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a$  - это среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx ,$$

Где  $l$  – базовая длина;

$y$  – отклонение профиля (расстояние между точками профиля и базовой линией  $m - m$ ).

При дискретном способе обработки профилограммы параметр  $R_a$  рассчитывают по формуле:

$$R_a = \frac{1}{n} \sum |y_i| ,$$

Где  $y_i$  – измеренные отклонения профиля в дискретных точках;

$n$  – число измеренных дискретных отклонений на базовой длине.

2. Высота неровностей профиля по десяти точкам  $R_z$  – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины.

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5} ,$$

где  $y_{pi}$  – высота  $i$ -го наибольшего выступа профиля;

$y_{vi}$  – глубина  $i$ -й наибольшей впадины профиля.

3. Наибольшая высота неровностей профиля  $R_{max}$  – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

4. Средний шаг неровностей профиля  $S_m$  – среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины.

5. Средний шаг местных выступов  $S$  – среднее значение шагов местных выступов профиля в пределах базовой длины.

6. Относительная опорная длина профиля  $t_p$  – отношение опорной длины профиля к базовой длине:

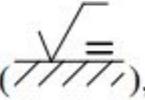
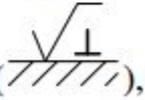
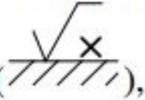
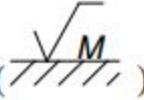
$$t_p = \left( \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i \right) 100\%,$$

где  $\sum_{i=1}^n b_i$  – опорная длина профиля (сумма длин отрезков, отсекаемых на заданном уровне  $p$  в материале профиля линией, эквидистантной средней линии в пределах базовой длины).

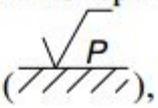
Кроме *количественных параметров*, стандартом установлены *два качественных параметра*:

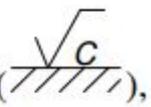
1. Способ обработки. Указывается в том случае, когда шероховатость поверхности следует получить только определенным способом.

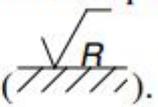
2. Тип направления неровностей:

- 1) направление параллельное длинной стороне () ,
- 2) направление перпендикулярное длинной стороне () ,
- 3) перекрещивающиеся бороздки () ,
- 4) произвольно расположенные неровности поверхности () ,

7) равномерно распределенные неровности поверхности

5) неровности пунктирно-точечного вида ()

6) кругообразно расположенные неровности поверхности ()

7) радиально расположенные неровности ()

Обозначения 1 – 7 используются только в ответственных случаях, когда это необходимо по условиям работы детали или сопряжения.

#### *Нормирование параметров шероховатости поверхности.*

Выбор параметров шероховатости поверхности производится в соответствии с ее функциональным назначением.

Числовые значения параметра шероховатости  $R_a$  находятся в пределах от 100 до 0.008 мкм;  $R_z$  и  $R_{max}$  – от 1600 до 0.0025 мкм.

Основным во всех случаях является нормирование высотных параметров. Предпочтительно нормировать  $R_a$ , который лучше отражает отклонения профиля, поскольку определяется по значительно большему числу точек, чем  $R_z$ . Когда отсутствуют рекомендации по назначению шероховатости, ограничения

шероховатости могут быть связаны с допуском размера (*IT*), формы (*FT*) или расположения (*TP*)

Величину параметра  $R_z$  рекомендуется назначать не более 0.33 от величины поля допуска на размер, либо 0.4...0.5 от допуска расположения или формы.

Переход от параметра  $R_z$  к параметру  $R_a$  по соотношениям:

$$R_a = 0.25R_z \text{ при } R_z \geq 8 \text{ мкм;}$$

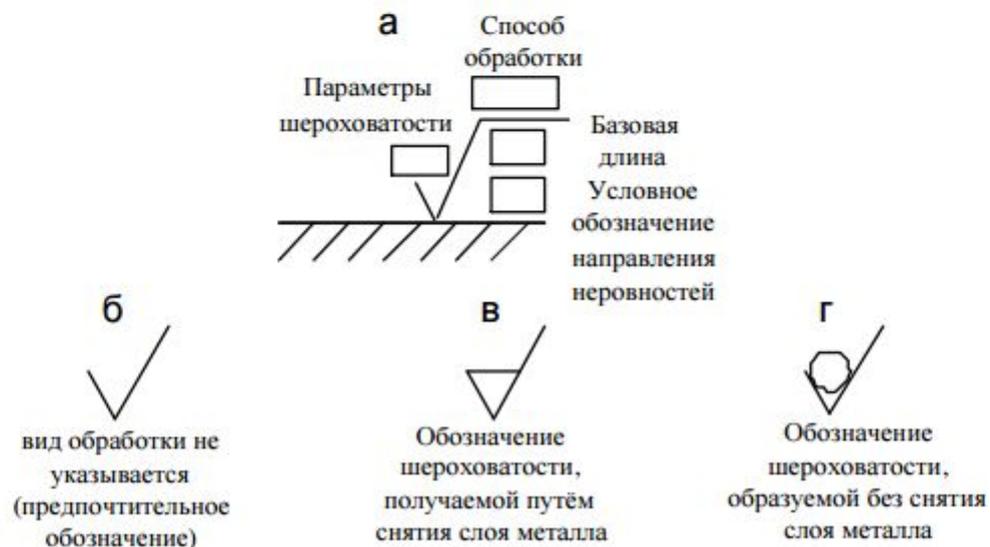
$$R_a = 0.2R_z \text{ при } R_z < 8 \text{ мкм.}$$

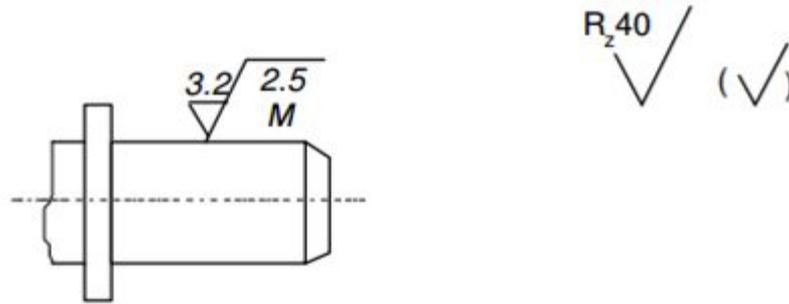
После определения численного значения, параметр  $R_a$  округляют до ближайшего значения по ГОСТ 2789-73.

Выбор числовых значений параметров шероховатости должен быть технически и экономически обоснованным.

Обозначение шероховатости на чертежах

Рекомендации по обозначению и пример указания значения шероховатости поверхности на чертеже приведены на рис. 76, 77.





- 3.2 - среднее арифметическое отклонение профиля, мкм
- √ - обеспечивается путем снятия слоя металла
- 2.5 - базовая длина
- M - направление неровностей произвольное
- — — .Обозначение шероховатости на чертеже

## Способы измерения и оценки шероховатости

- визуальный** – производится визуальное сравнение поверхности с образцами шероховатости (обоймы из четырех пластин, одна из поверхностей которых обработана с образцовой шероховатостью и аттестована на профилемере),
- контактный** – измерение высотных параметров профилемерами (игла, преобразующий механизм, индикатор),
- бесконтактные методы** (использование микроскопов сравнения и других оптических приборов).

*Справочный материал*

Соответствие размеров шероховатости поверхностей видам обработки

Вид обработки	Класс чистоты	$R_a$ , мкм	Базовая длина, мм
Точение	4	6.3	2.5
	5	3.2	2.5
Шлифовка	6	1.6	0.8
	7	0.8	0.8
	8	0.4	0.8
Полировка	9	0.2	0.25
	10	0.1	0.25
	11	0.05	0.25
	12	0.025	0.25
Доводка	13	0.012	0.08
	14	0.006	0.08

## Волнистость поверхностей

*Волнистость занимает промежуточное положение между отклонениями формы и шероховатости, и представляет собой совокупность периодически повторяющихся неровностей (чаще всего синусоидального профиля), у которых расстояние между соседними выступами и впадинами превышает базовую длину шероховатости поверхности.*

Условно границы между отклонениями формы, волнистости и шероховатости можно установить по отношению шага  $S_w$  к высоте  $W$  неровностей. Для волнистости это отношение находится в пределах

$$1000 \geq \frac{S_w}{W} \geq 40.$$

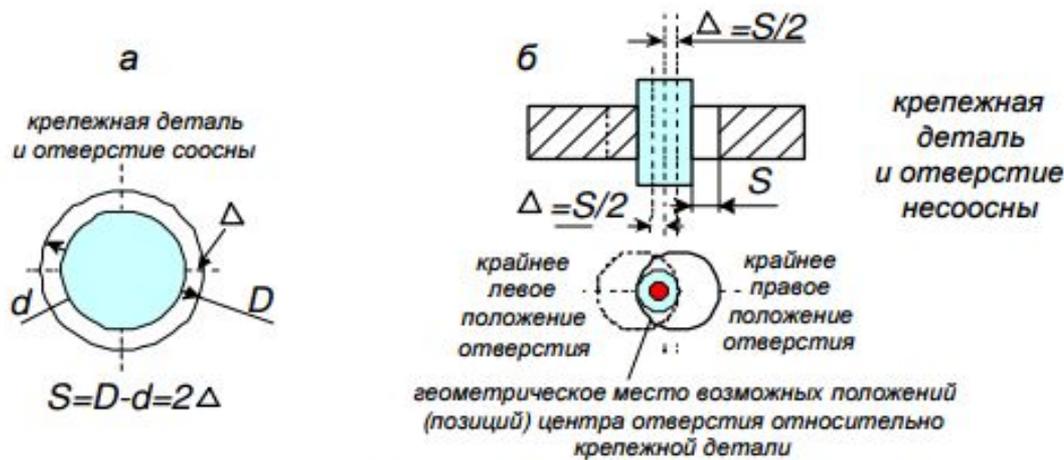
## Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей

Согласно ГОСТ14140-81, допуски расположения осей гладких и резьбовых отверстий под крепежные детали определяются либо заданием позиционных допусков расположения осей отверстий, либо предельными отклонениями размеров, координирующих расположение отверстий. *Наличие зазора между отверстием и крепежной деталью может вызвать отклонение от соосности.*

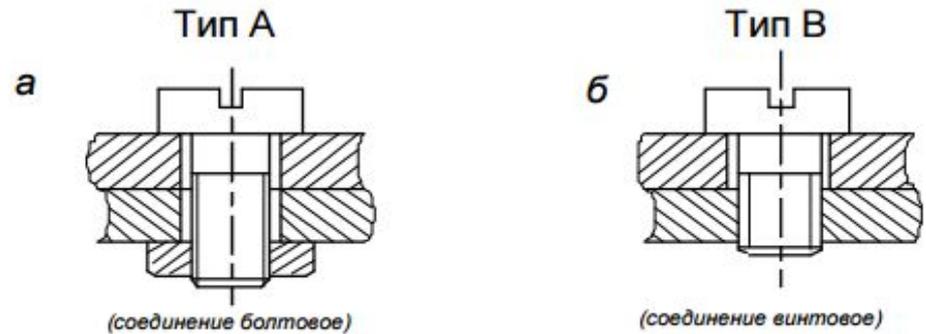
Наибольшее возможное отклонение от соосности  $\Delta$  представляет собой позиционное отклонение.

**Черный кружок** на рисунке— это геометрическое место возможных положений оси отверстия относительно номинального расположения. Для обеспечения полной взаимозаменяемости при определении значения позиционного отклонения в расчет принимается наименьший зазор

$$т.е. \Delta = 0.5 S_{\min}.$$



Расположение осей отверстий



Типы соединений

**Соединения крепежными деталями делятся на два типа.**

В соединении по типу А зазоры для прохода крепежных деталей предусматриваются в обеих соединяемых деталях.

В соединении типа В зазор предусмотрен лишь в одной из соединяемых деталей

Независимо от характеристики расположения отверстий позиционные допуски  $T$  в диаметральной выразении *устанавливаются одинаковыми для обеих сопрягаемых деталей* и определяются по формулам:

$$T = k S_{\min} \text{ для соединений типа } A,$$

$$T = 0.5k S_{\min} \text{ для соединений типа } B,$$

где  $S_{\min}$  наименьший зазор между сквозным гладким отверстием по ГОСТ 11284-75 и крепежной деталью;

$k$  – коэффициент использования зазора, зависящий от условий сборки.

Величина зазора между отверстием и крепежной деталью зависит от диаметра гладкого сквозного отверстия  $d$ , который выбирается по ГОСТ 11284-75 в зависимости от диаметра стержня крепежной детали, вида расположения отверстий, способа их получения и типа соединения.

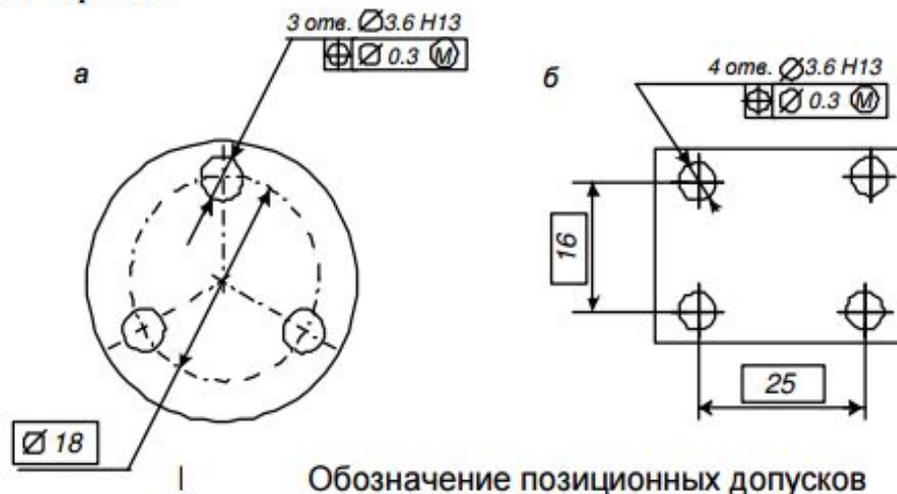
Диаметры гладких сквозных отверстий под крепежные детали (по ГОСТ 11284-75)

С увеличением диаметра отверстия в пределах допуска  $T_D$  на такую же величину увеличивается и зазор между отверстием и крепежной деталью, а, следовательно, может увеличиваться и позиционное отклонение вплоть до значения:

$$\Delta^* = 0.5(S_{\min} + T_D),$$

из чего следует, что допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей относятся к *зависимым допускам* (зависят от действительного диаметра отверстия).

Рассчитанное значение  $T$  (или  $T/2$ ) округляется до ближайшего рекомендованного значения (таблица 41) и в таком виде, как зависимый допуск, указывается на чертеже



Обозначение позиционных допусков