

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>	

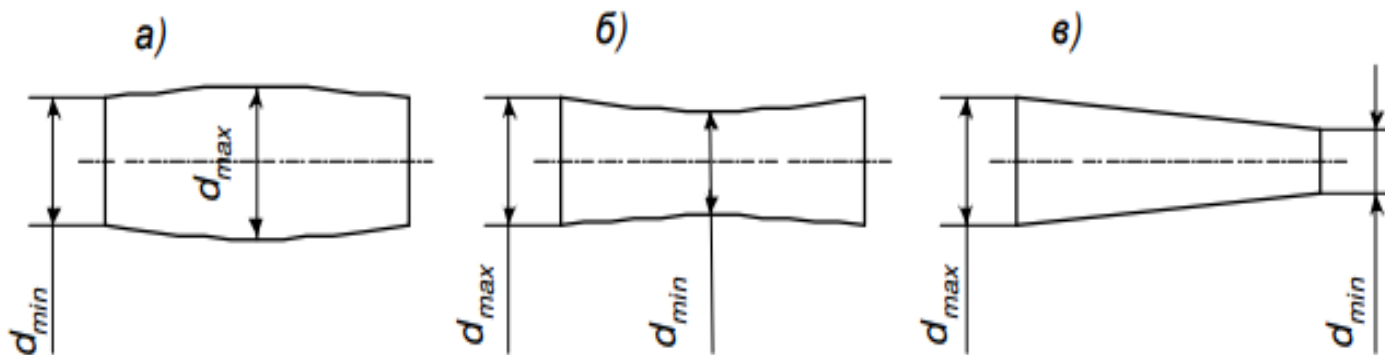
ГОСТ 24643-81 устанавливает 16 степеней точности формы (и расположения) поверхностей. Числовые значения допусков в зависимости от степени точности приведены в ГОСТ 24643-81. Выбор допусков зависит от конструктивных и технологических требований и, кроме того, связан с допуском размера. Поле допуска размера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

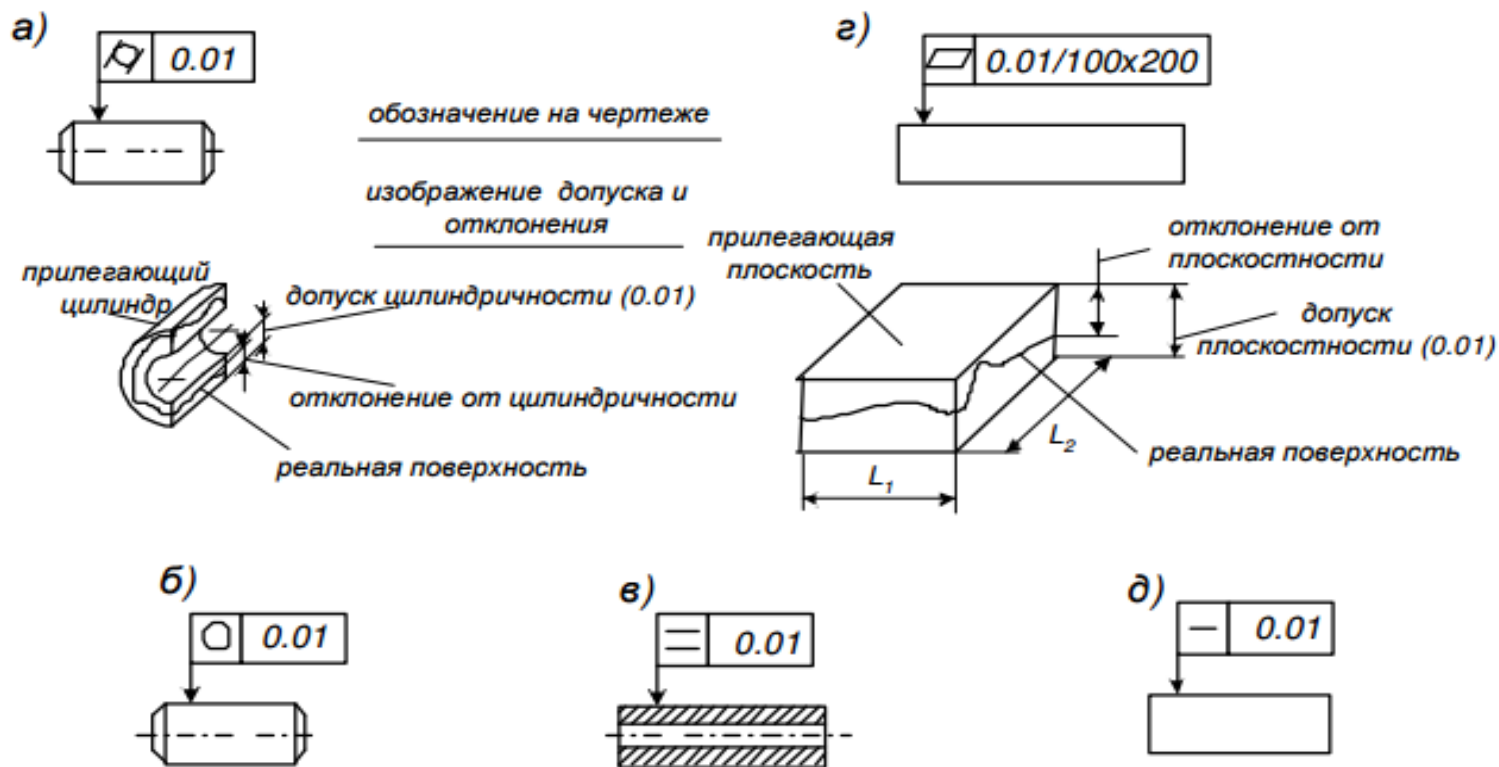
Таблица соответствия степени точности способу обработки поверхности

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

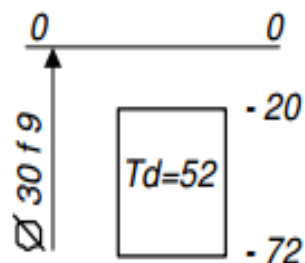
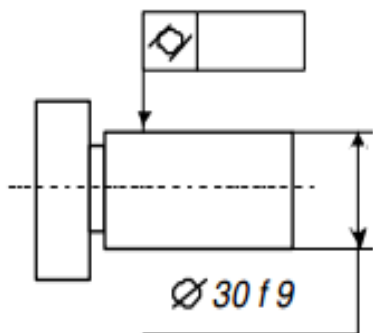
Измерения отклонений формы и расположения поверхностей производятся с помощью поверочных плит, плоскомеров, гидравлическими (по уровню жидкости) и интерференционными приборами

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

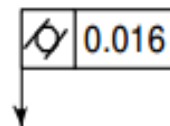
$k_B=40\%$ - группа повышенной относительной точности

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

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

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.

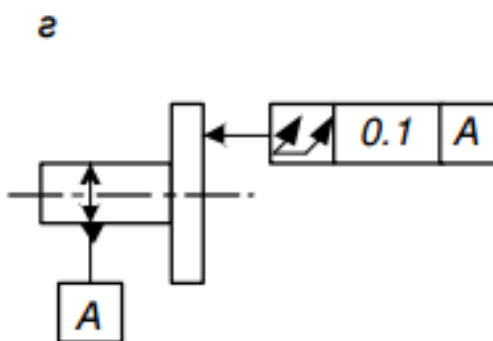
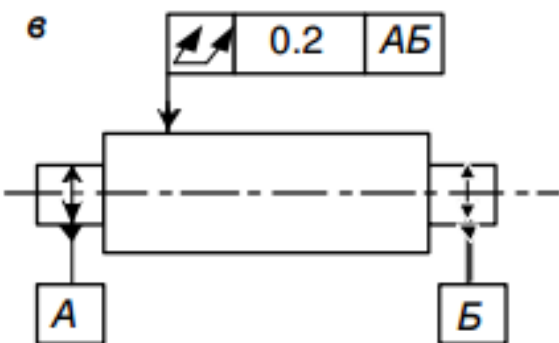
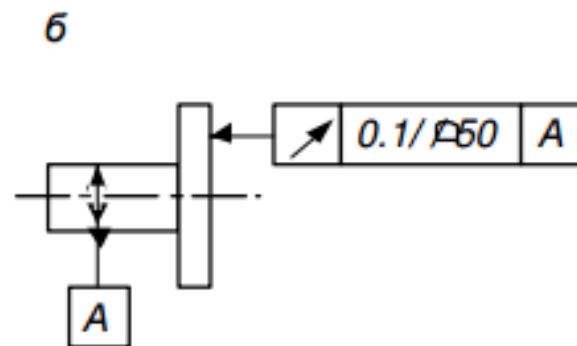
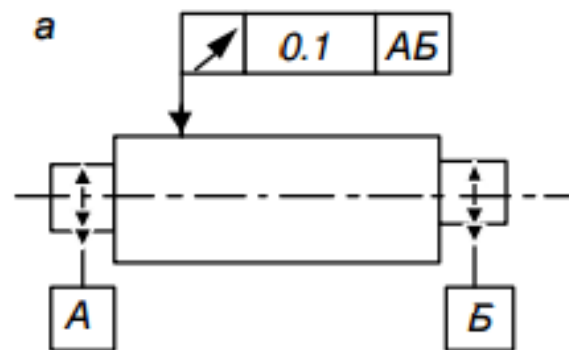
1. **Радиальное биение** – разность наибольшего и наименьшего расстояний от точки реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси.

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

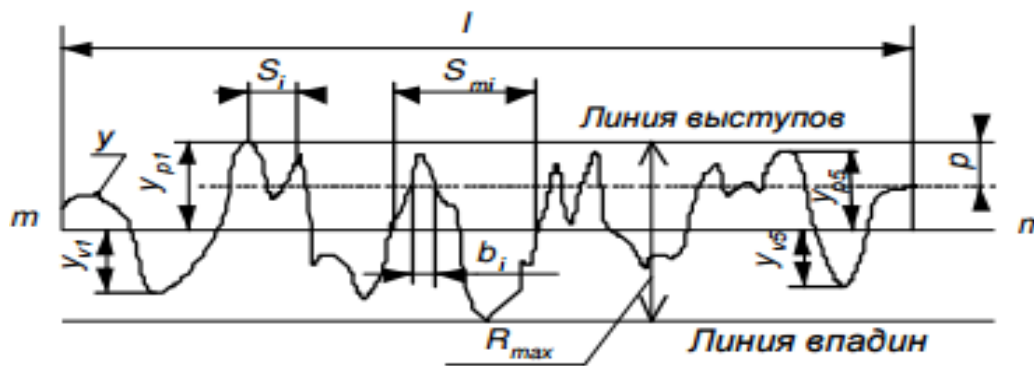
Шероховатость поверхности регламентируется следующими стандартами:

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:

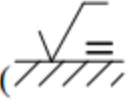
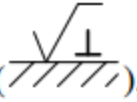
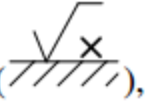
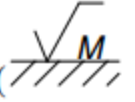
$$t_p = \left(\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i \right) 100\%,$$

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).

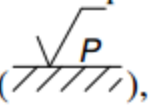
Кроме *количественных параметров*, стандартом установлены *два качественных параметра*:

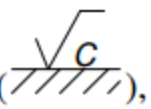
1. Способ обработки. Указывается в том случае, когда шероховатость поверхности следует получить только определенным способом.

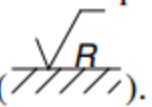
2. Тип направления неровностей:

- 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:

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

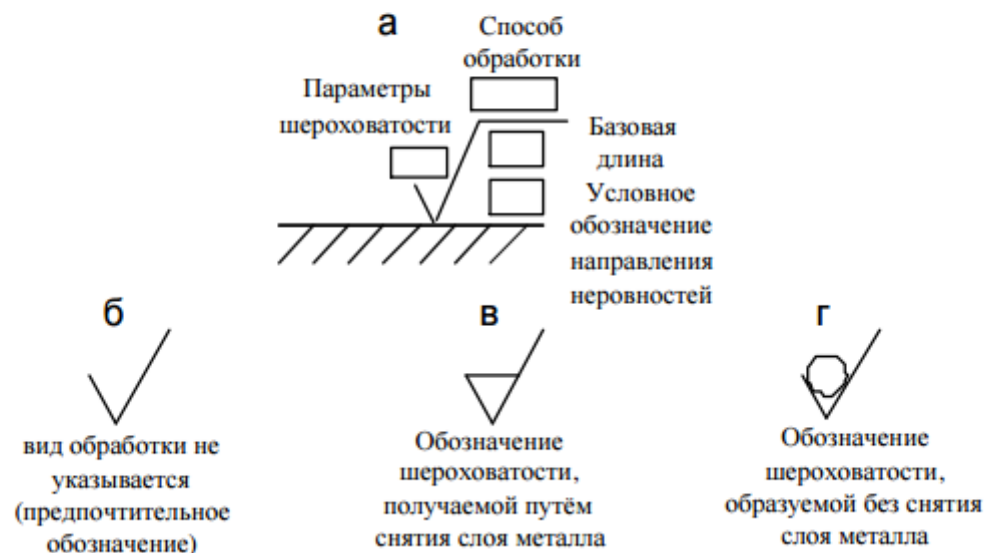
$$R_a = 0.2R_z \quad \text{при } R_z < 8 \text{ мкм}.$$

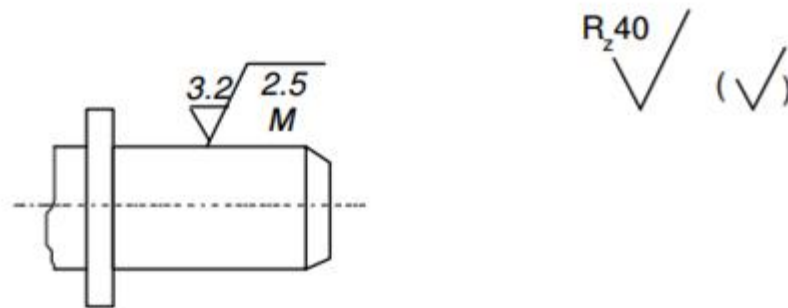
После определения численного значения, параметр R_a округляют до ближайшего значения по ГОСТ 2789-73.

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

а. **визуальный** – производится визуальное сравнение поверхности с образцами шероховатости (обоймы из четырех пластин, одна из поверхностей которых обработана с образцовой шероховатостью и аттестована на профилемере),

б. **контактный** – измерение высотных параметров профилемерами (игла, преобразующий механизм, индикатор),

с. **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.

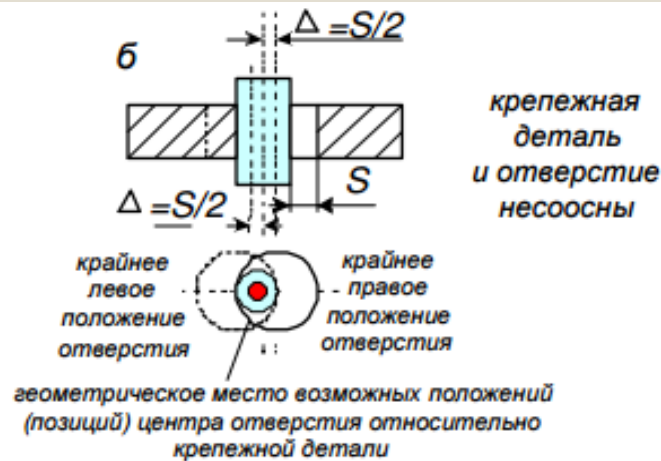
Наличие зазора между отверстием и крепежной деталью может вызвать отклонение от соосности.

Наибольшее возможное отклонение от соосности Δ представляет собой позиционное отклонение.

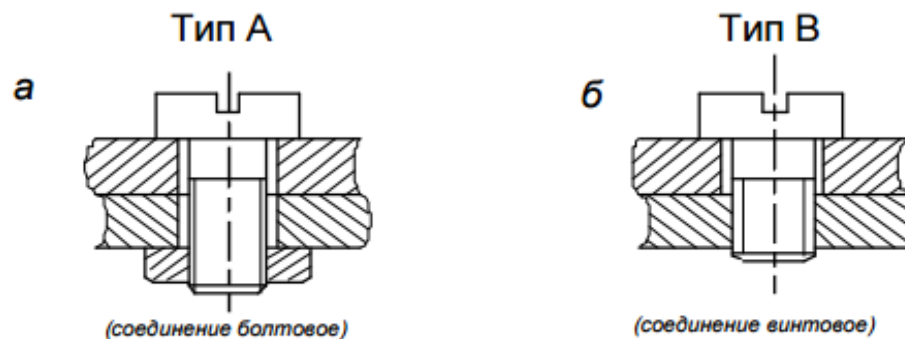
Черный кружок на рисунке— это геометрическое место возможных положений оси отверстия относительно номинального расположения.

Для обеспечения полной взаимозаменяемости при определении значения позиционного отклонения в расчет принимается наименьший зазор

$$\text{т.е. } \Delta = 0.5 S_{\min}.$$



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 диаметральном выражении *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

