

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Лекция 5-6

An abstract collage of various university-related images, including students in graduation gowns, a person working on a laptop, and a group of people in a meeting. The collage is composed of overlapping triangles and polygons in shades of green and red. The letters 'НГТУ' are prominently displayed in the center of this collage in a large, white, sans-serif font.

НГТУ



НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ



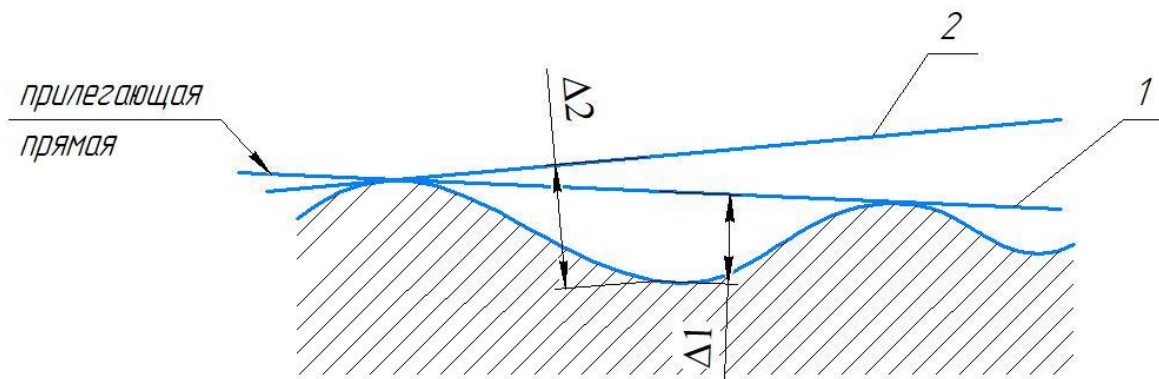
Под **отклонением формы** поверхности понимают отклонение формы **реальной поверхности** от формы **номинальной поверхности**.

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 **отклонение** от нее до наиболее удаленной точки реального профиля **было минимальным**.



Так как $\Delta 1 < \Delta 2$, то первая касательная линия будет **прилегающей**.

Прилегающая окружность – это окружность **минимального диаметра, описанная вокруг** реального профиля **наружной поверхности** вращения или **максимального диаметра, вписанного в реальный профиль** внутренней поверхности вращения. 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.

В РФ в настоящее время действует два нормативных документа, касающихся вопросов указания допусков форм и расположения:

ГОСТ Р 2.308-2023 ЕСКД. Допуски формы и расположения поверхностей. Правила выполнения

ГОСТ Р 53442-2015 ОНВ. ХИГ. Установление геометрических допусков. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения

ГОСТ Р 2.308-2023 / ГОСТ Р 53442-2015

Знак	Группа допусков	Вид допуска/ Геометрическая характеристика	Необходимость указания базы
—	Допуски формы	Допуск прямолинейности / Прямолинейность	нет
		Допуск плоскостности / Плоскостность	нет
		Допуск круглости / Круглость	нет
		Допуск цилиндричности / Цилиндричность	нет
		Допуск формы заданного профиля / Форма заданного профиля	нет
		Допуск формы заданной поверхности / Форма заданной поверхности	нет

ГОСТ Р 2.308-2023 / ГОСТ Р 53442-2015

Знак	Группа допусков	Вид допуска / Геометрическая характеристика	Необходимость указания базы
//	Допуски ориентации	Допуск параллельности / Параллельность	Да
⊥		Допуск перпендикулярности / Перпендикулярность	Да
∠		Допуск наклона / Наклон	Да
⌒		- / Форма заданного профиля	Да
Ⓓ		- / Форма заданной поверхности	Да

ГОСТ Р 2.308-2023 / ГОСТ Р 53442-2015

Знак	Группа допусков	Вид допуска / Геометрическая характеристика	Необходимость указания базы
	Допуски месторасположения	- / Концентричность (для точек)	Да
		Допуск соосности / Соосность (для осей)	Да
		Допуск симметричности / Симметричность	Да
		Позиционный допуск / Позиционирование	Да или нет
		- / Форма заданного профиля	Да
		- / Форма заданной поверхности	Да

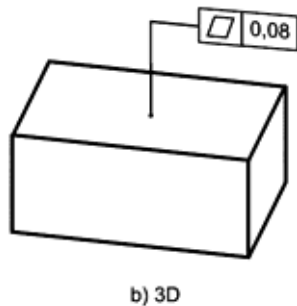
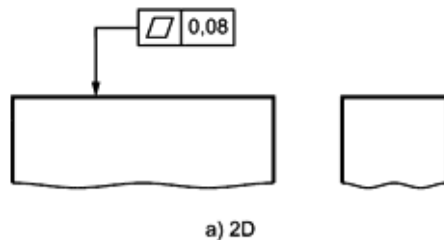
ГОСТ Р 2.308-2023 / ГОСТ Р 53442-2015			
Знак	Группа допусков	Вид допуска / Геометрическая характеристика	Необходимость указания базы
	Допуски биения	Допуск биения / Биение	Да
		Допуск полного биения / Полное биение	Да

ОТКЛОНЕНИЕ ФОРМЫ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

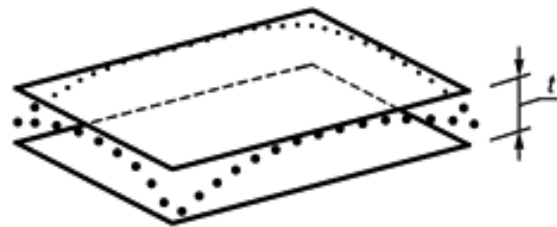


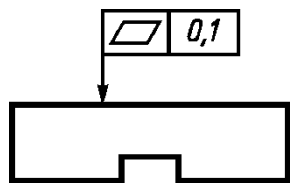
Комплексный показатель, характеризующий точность формы плоских поверхностей, – это **допуск плоскостности** ($\square$). Отклонение от плоскостности определяют как наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка.

Выявленная нормируемая поверхность должна быть расположена между двумя параллельными плоскостями, расстояние между которыми равно 0,08

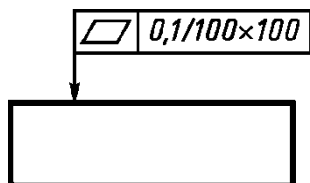


Поле допуска ограничено двумя параллельными плоскостями, расстояние между которыми равно значению допуска t

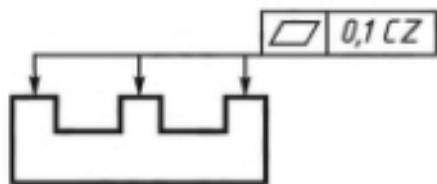




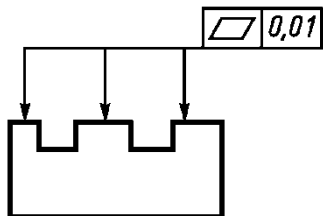
Допуск плоскостности поверхности - 0,1 мм



Допуск плоскостности поверхности - 0,1 мм на площади 100×100 мм

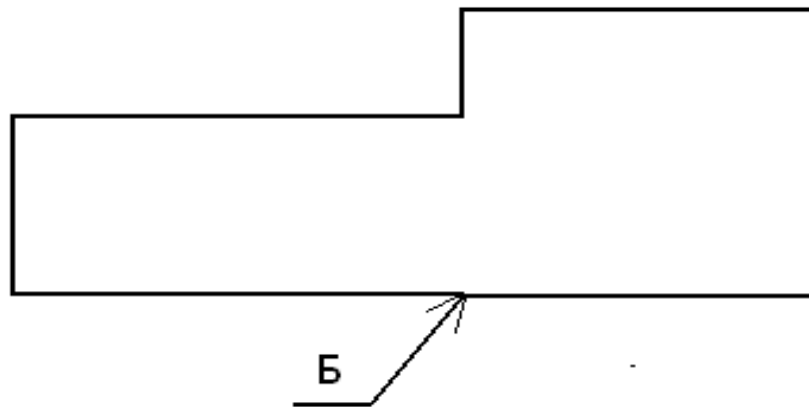


Допуск плоскостности поверхностей - 0,1 мм
SZ – модификатор (общее поле допуска)



Допуск плоскостности каждой поверхности - 0,01 мм

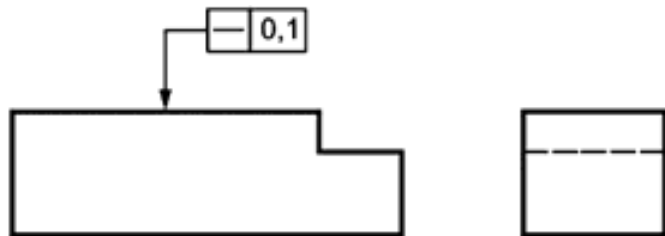
Частными видами отклонений от плоскостности являются **выпуклость** и **вогнутость**. Условных обозначений эти показатели не имеют, поэтому на чертеже **обозначают поверхность (русскими прописными буквами)**, а в технических требованиях делают соответствующую запись. Например



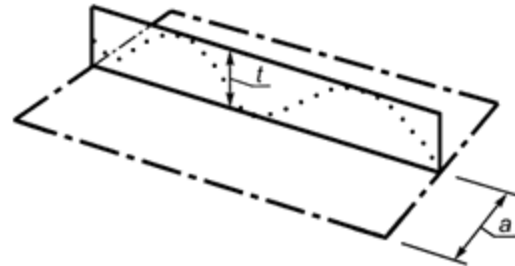
Вогнутость поверхности Б не более 0,1 мм

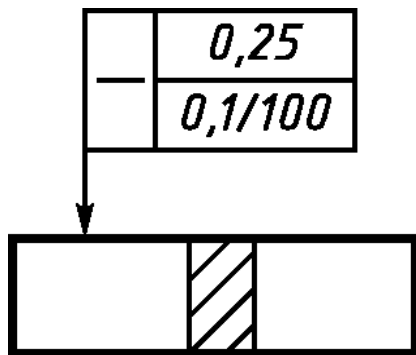
Показателем, также характеризующим точность формы плоских поверхностей, является **допуск прямолинейности** (—). Отклонение от прямолинейности в плоскости определяют как наибольшее расстояние (Δ) от точек реального профиля до прилегающей прямой.

Выявленная линия на нормируемой поверхности в любой плоскости, параллельной плоскости проекции, на которой указан, должна быть расположена между двумя параллельными прямыми, расстояние между которыми равно $0,1$.

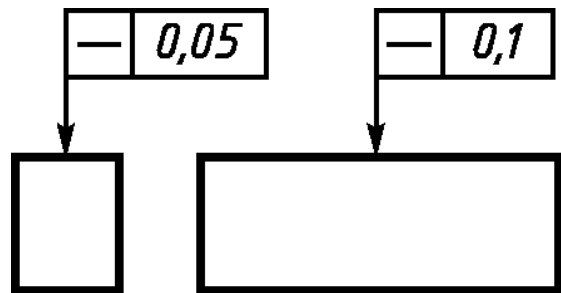


Поле допуска ограничено двумя параллельными прямыми, расстояние между которыми равно значению допуска t , и лежащими в плоскости, ориентированной в указанном на чертеже направлении



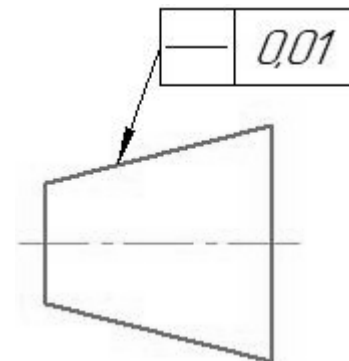
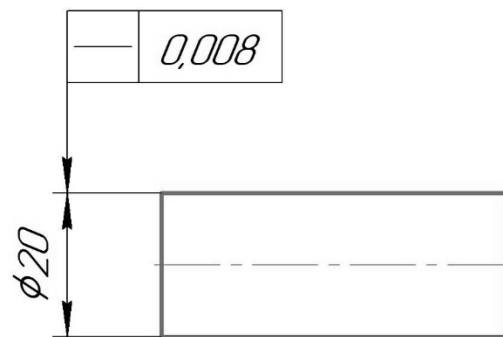
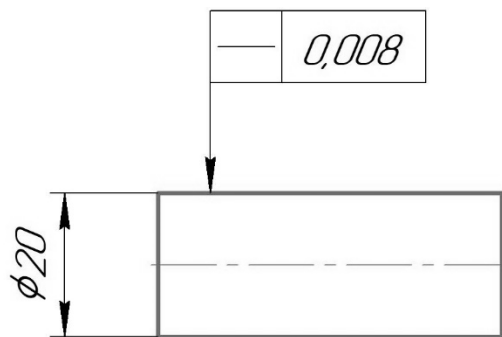


Допуск прямолинейности поверхности 0,25 мм на всей длине и 0,1 мм - на длине 100 мм



Допуск прямолинейности поверхности в поперечном направлении - 0,05 мм, в продольном направлении - 0,1 мм

Допуск прямолинейности может относиться не только к плоским поверхностям, а еще к осям, образующим цилиндрических поверхностей



ОТКЛОНЕНИЕ ФОРМЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ



Комплексным показателем точности формы цилиндрической поверхности является **допуск цилиндричности** (ϕ). Это отклонение определяет точность цилиндрической поверхности в двух сечениях – продольном и поперечном.

Отклонение от цилиндричности – наибольшее расстояние (Δ) от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка (L).

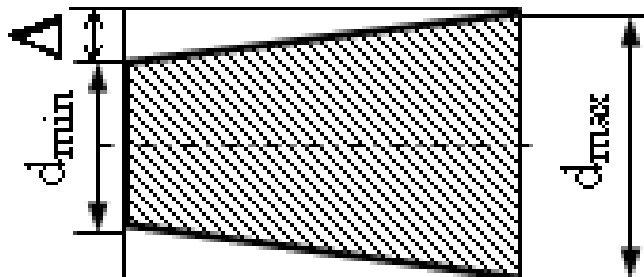
Однако чаще точность формы цилиндрической поверхности рассматривают отдельно в каждом из этих сечений.

Показатели точности формы цилиндрической поверхности **в продольном сечении:**

~~комплексный показатель~~ — ~~отклонение~~ — ~~профиля~~
~~продольного сечения~~ (—); Исключен

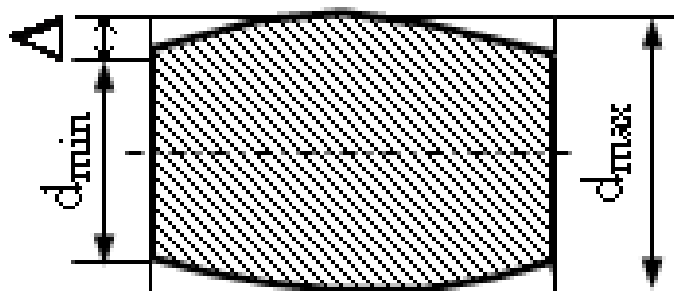
- частные виды отклонений, характеризующих точность формы в продольном сечении — **конусообразность, бочкообразность, седлообразность** (условного обозначения не имеют).

Конусообразность – отклонение продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны.



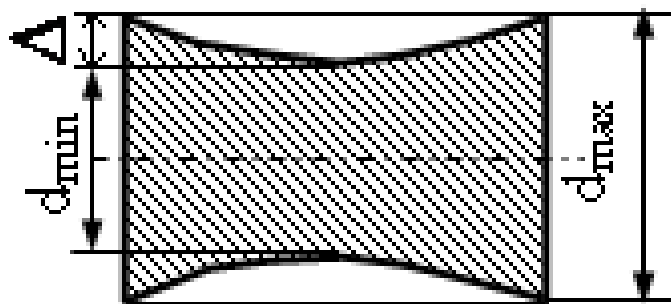
$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$

Бочкообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором **образующие не прямолинейны**, и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения.



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

Седлообразность — отклонение профиля продольного сечения, при котором **образующие непрямолинейны**, и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения.



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

Бочкообразность чаще всего возникает при обтачивании **тонких длинных валов** в центрах без люнетов (в средней части под влиянием сил резания возникают большие упругие прогибы, чем по краям).

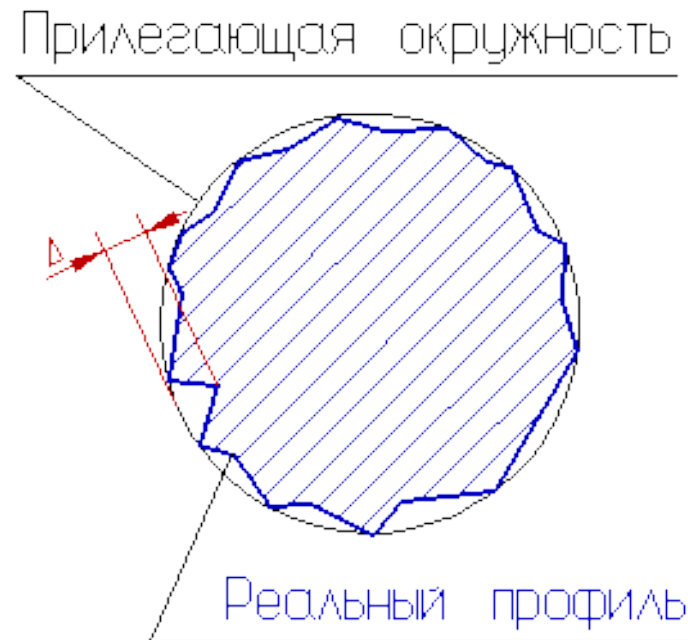
Толстые короткие валы чаще получаются **седлообразными** из-за большого смещения вала по краям (составляющие силы резания распределяются между обоими центрами более равномерно).

Бочкообразность и седлообразность могут возникнуть также вследствие **погрешности направляющих станин станков** и других причин.

Причиной **конусообразности** являются **износ резца, несовпадение геометрических осей шпинделя и пиноли задней бабки станка (смещение центров), отклонение от параллельности оси центров направляющим станины.**

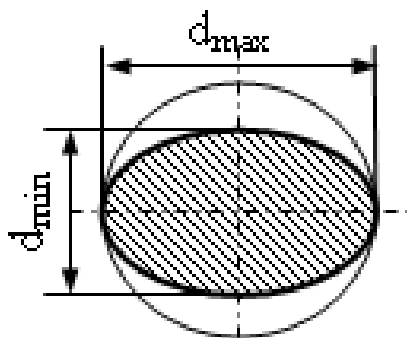
Показатели точности формы цилиндрической поверхности в поперечном сечении.

Комплексный показатель —
допуск круглости ($\bigcirc$) —
наибольшее расстояние (Δ) от
точек реального профиля до
прилегающей окружности.



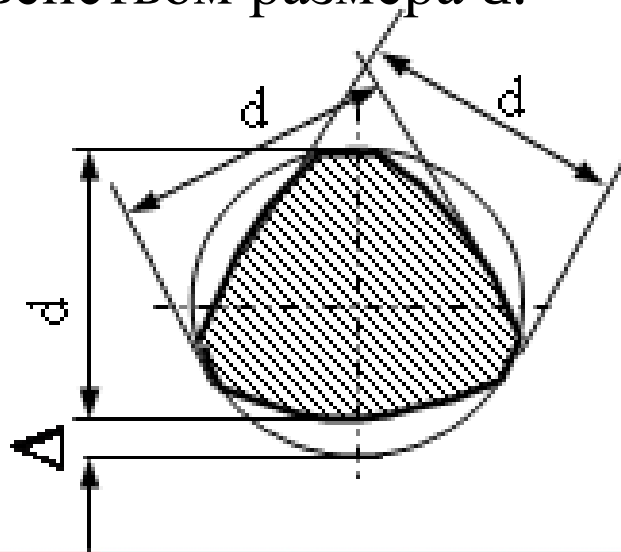
Частными видами допуска круглости являются овальность и огранка.

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



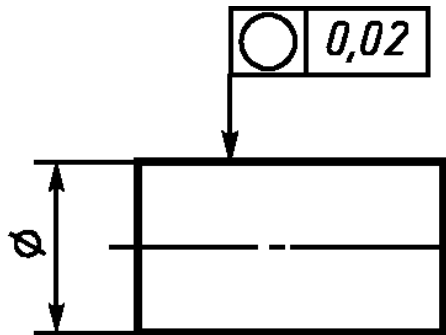
$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$

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 .

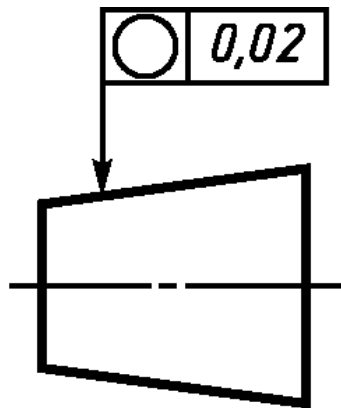


Овальность детали возникает из-за **биения шпинделя** токарного или шлифовального станка, **дисбаланса детали** и других причин.

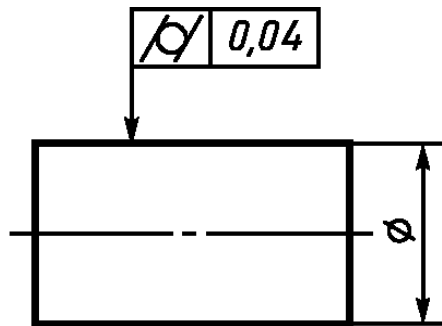
Появление **огранки** вызвано **изменением положения мгновенного центра вращения детали**, например, при бесцентровом шлифовании.



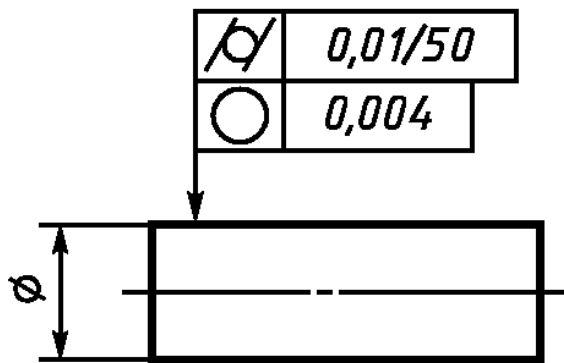
Допуск круглости вала - $0,02$ мм



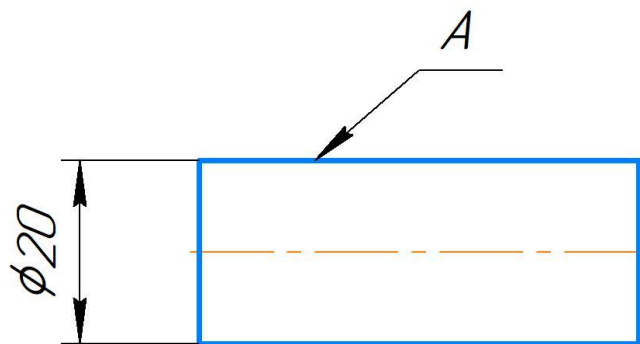
Допуск круглости конуса - $0,02$ мм



Допуск цилиндричности вала - 0,04 мм



Допуск цилиндричности вала - 0,01 мм
на длине 50 мм. Допуск круглости вала -
0,004 мм

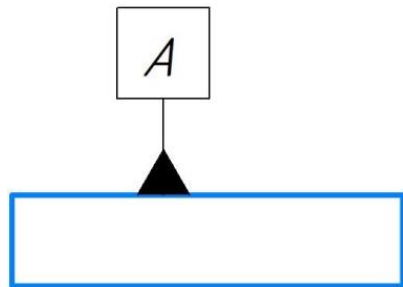


1. Овальность поверхности A не более 0,01 мм
2. Седлообразность поверхности A не более 0,02 мм

ОБОЗНАЧЕНИЕ И УКАЗАНИЕ БАЗОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

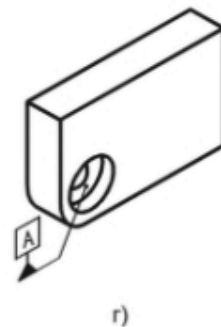
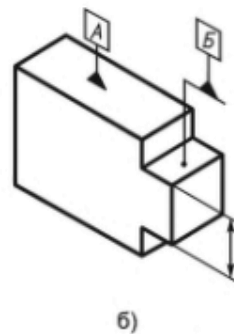
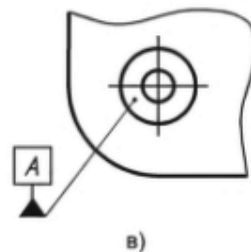
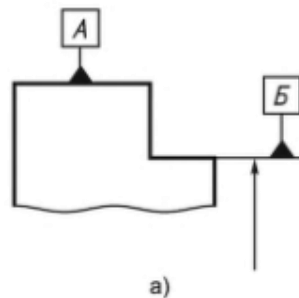


Базы обозначают зачерненным треугольником, который соединяют при помощи соединительной линии с рамкой.

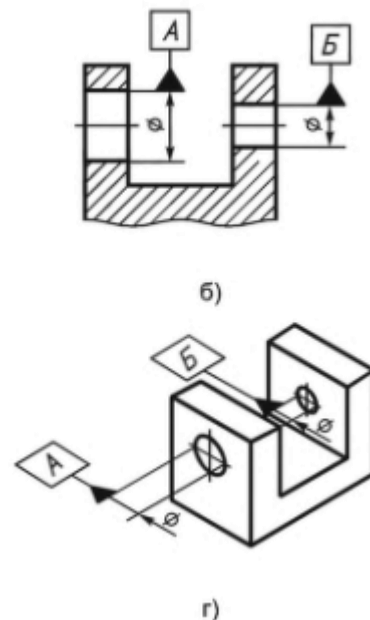
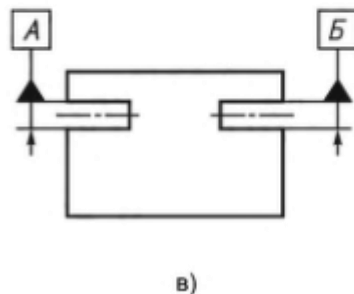
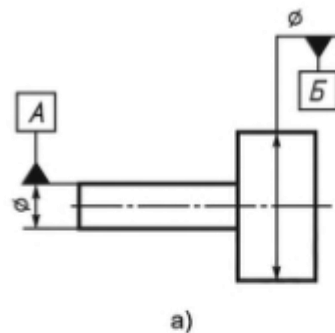
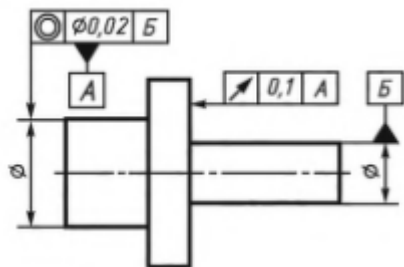


Для обозначения баз применяют прописные буквы русского алфавита, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Х, Ъ, Ы, Ь, и, при необходимости, буквы латинского алфавита, исключая буквы I и O.

Если базой является полный элемент, то основание треугольника располагают на контурной линии поверхности или на ее продолжении. При этом соединительная линия **не должна быть продолжением размерной линии.**

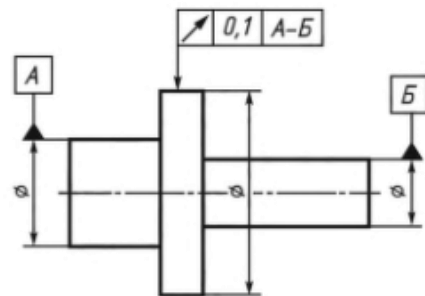


Если базой является производный элемент (ось или плоскость симметрии), то треугольник располагают на продолжении размерной линии

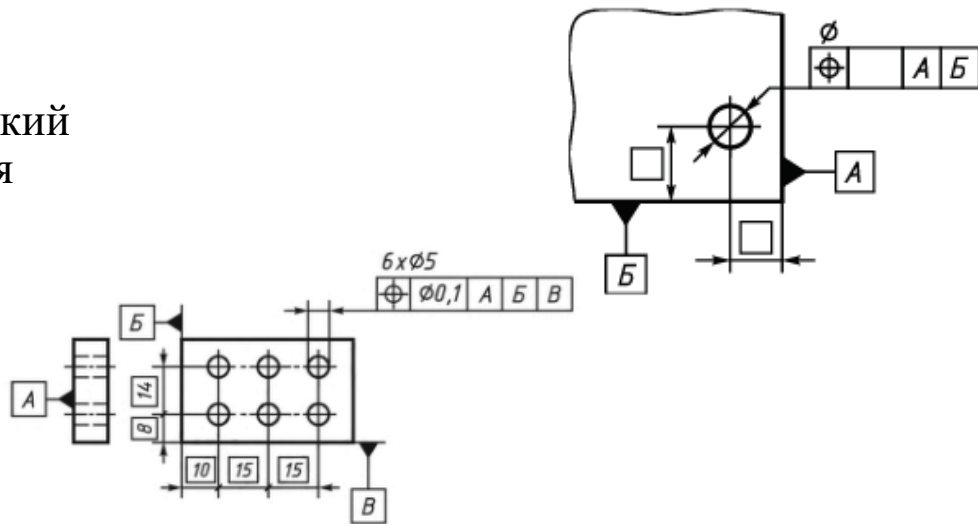


Нормирование точности формы и расположения поверхностей

Если два или несколько элементов образуют объединенную базу и их последовательность не имеет значения (например, они имеют общую ось или плоскость симметрии), то каждый элемент обозначают самостоятельно и все буквы вписывают через дефис.



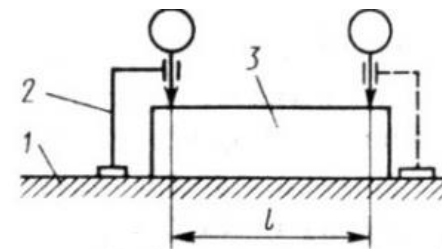
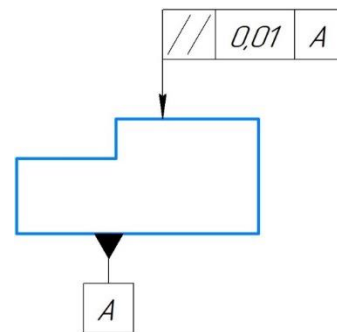
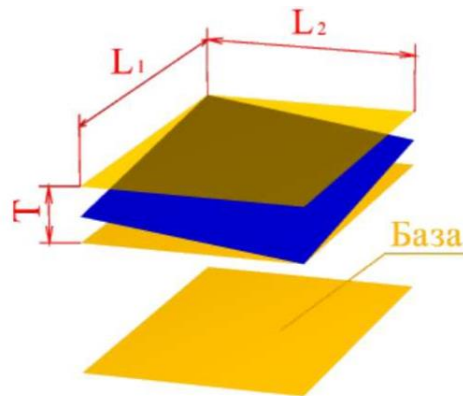
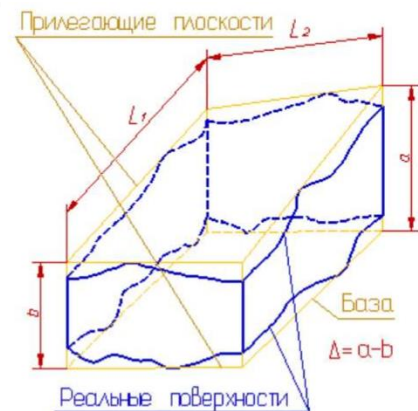
Если необходимо установить геометрический допуск относительно образованного двумя или тремя элементами комплекта баз, то буквенные обозначения баз указывают в отдельных частях (третьей и далее) рамки допуска. Буквенное обозначение баз указывают в порядке приоритета.



ТОЧНОСТЬ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

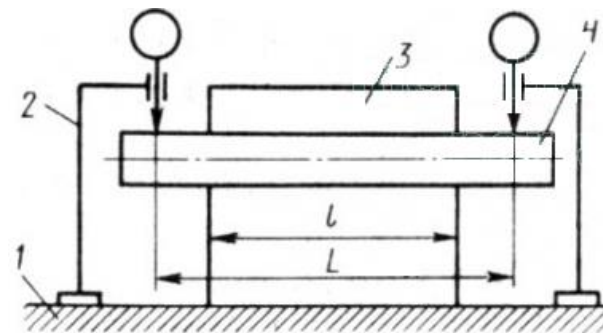
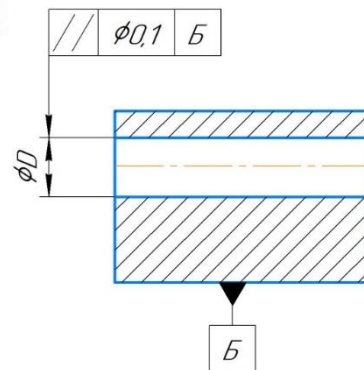
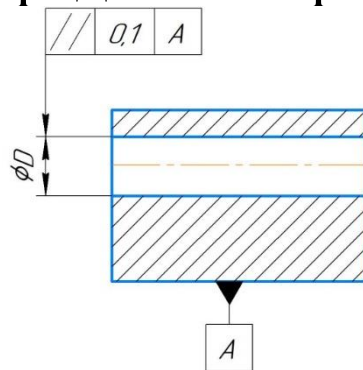
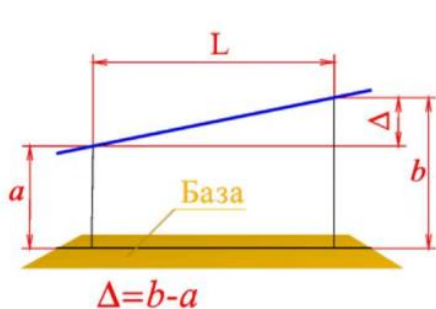


Допуск параллельности плоскостей (осей, оси и плоскости) – разность (Δ) наибольшего и наименьшего расстояний между прилегающими плоскостями в пределах нормируемого участка.

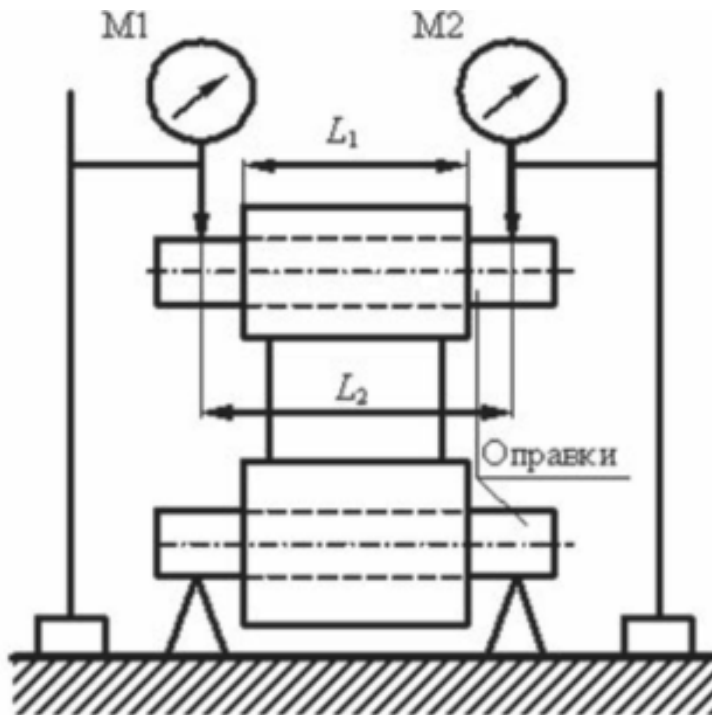
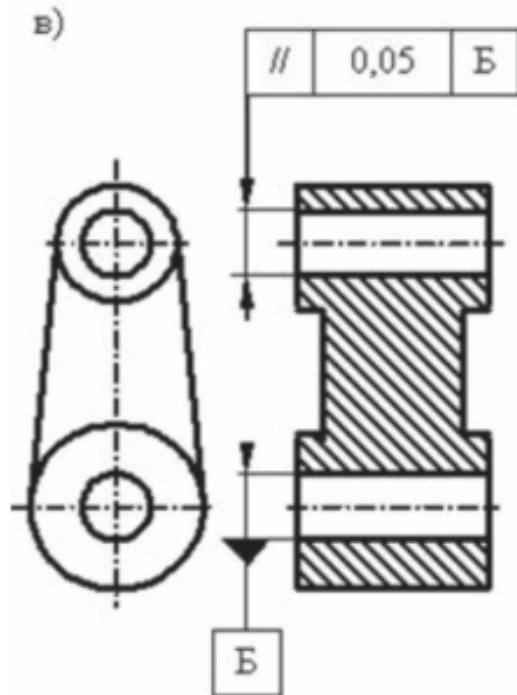


- 1 – поверочная плита
- 2 – стойка с измерительной головкой
- 3 – деталь

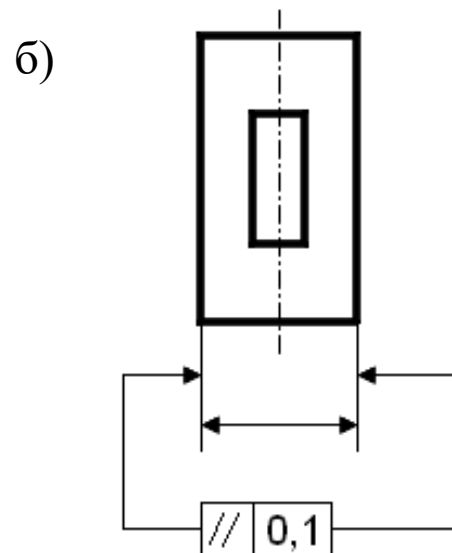
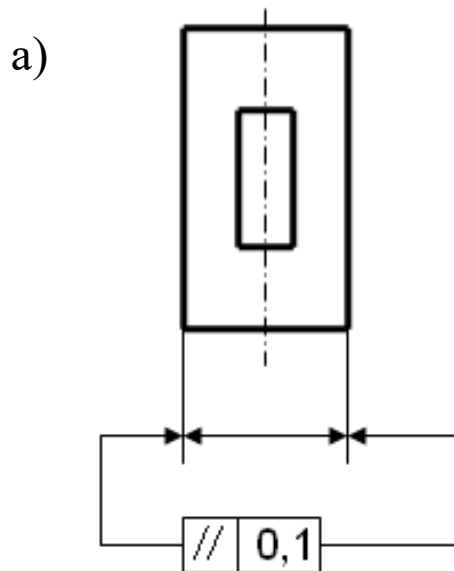
Допуск параллельности оси и плоскости – разность (Δ) наибольшего и наименьшего расстояний между осью (прямой) плоскостью в пределах нормируемого участка.



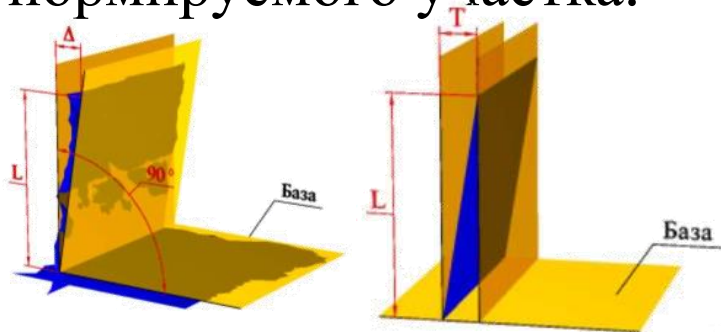
- 1 – поверочная плита
- 2 – стойка с измерительной головкой
- 3 – деталь
- 4 – контрольная оправка



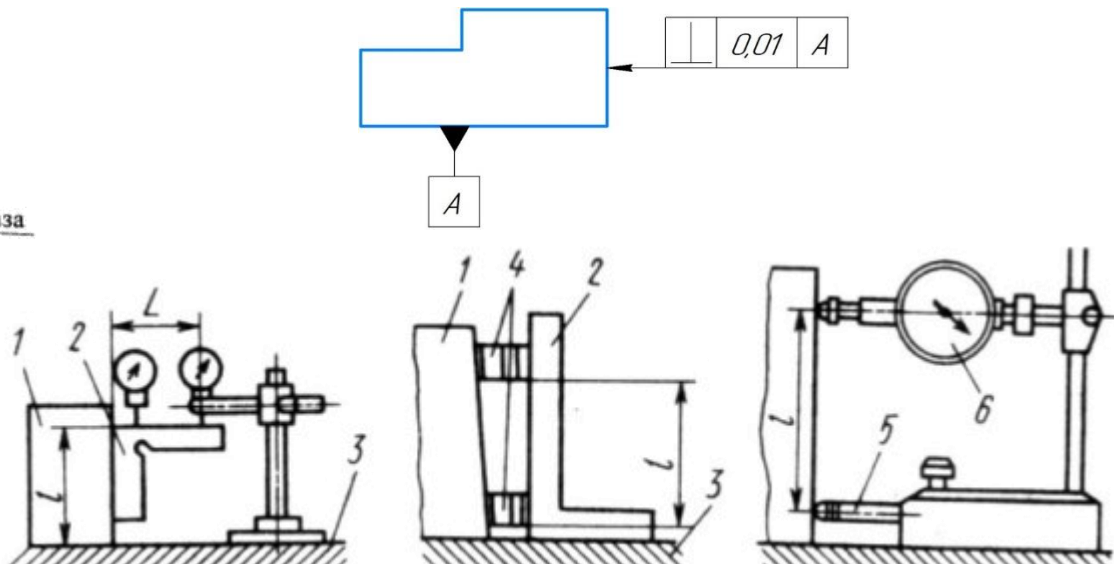
Неправильный (а) и правильный (б) варианты обозначения отклонения от параллельности



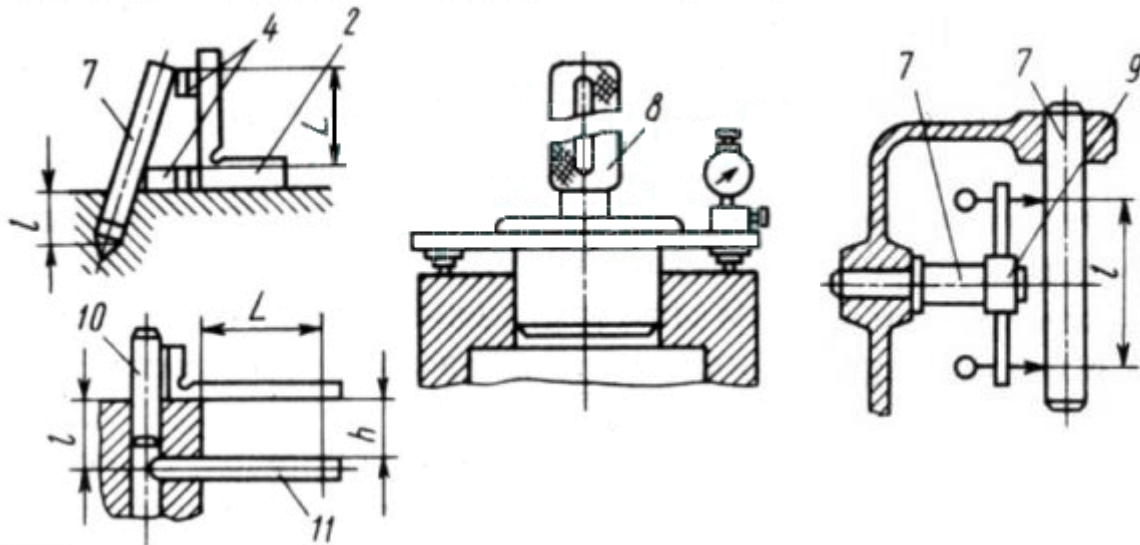
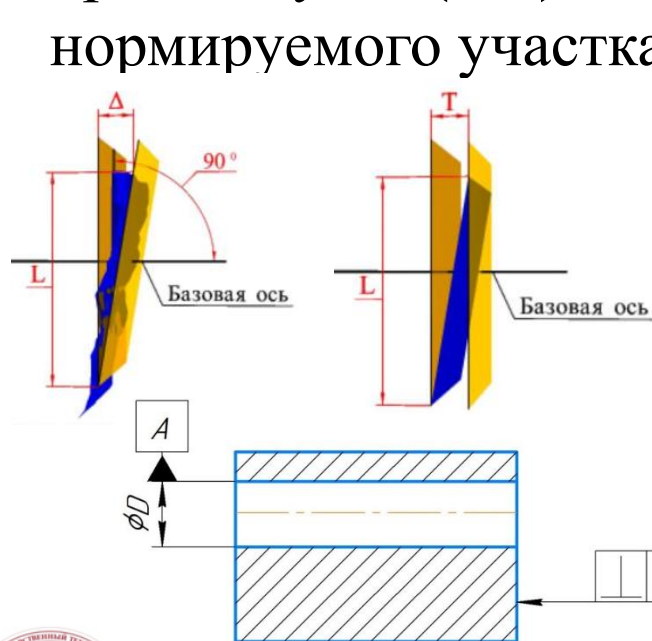
Допуск перпендикулярности плоскостей (осей, оси и плоскости) – отклонение угла между плоскостями от прямого угла (90°), выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка.



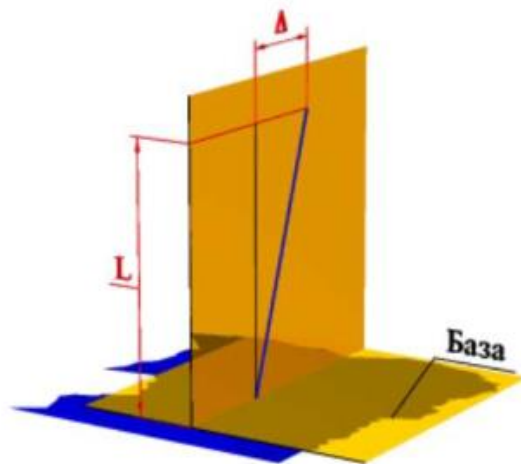
- 1 – деталь
- 2 – угольник
- 3 – поверочная плита
- 4 – концевые меры длины
- 5 – регулируемый упор
- 6 – измерительная головка



Допуск перпендикулярности плоскости или оси — отклонение угла между плоскостью или осью и базовой осью от прямого угла (90°), выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка.

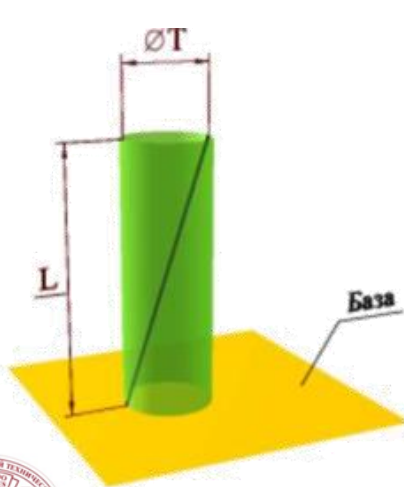


Допуск перпендикулярности оси относительно плоскости — отклонение угла между осью поверхности вращения (прямой) и базовой плоскостью от прямого угла (90°), выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка.



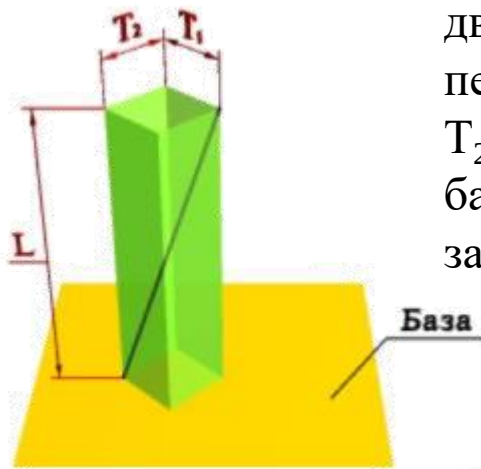
**Поле допуска перпендикулярности
оси относительно плоскости —**

область в пространстве, ограниченная цилиндром, диаметр которого равен допуску перпендикулярности T , а ось перпендикулярна базовой плоскости

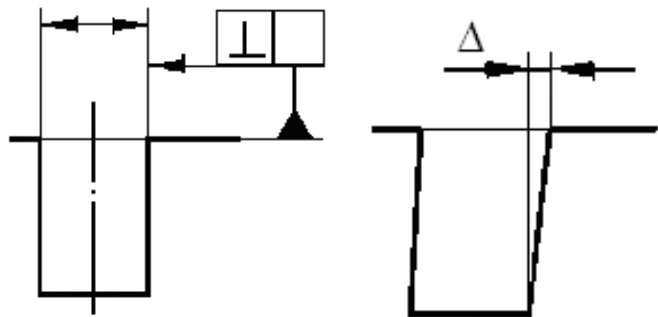


**Поле допуска перпендикулярности
оси относительно плоскости —**

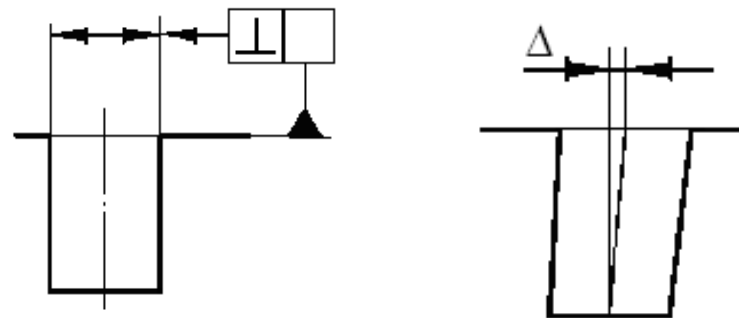
область в пространстве, ограниченная прямоугольным параллелепипедом, стороны сечения которого равны допускам перпендикулярности оси в двух заданных взаимно перпендикулярных направлениях T_1 и T_2 , а боковые грани перпендикулярны базовой плоскости и плоскостям заданных направлений



Примеры обозначения отклонений от перпендикулярности

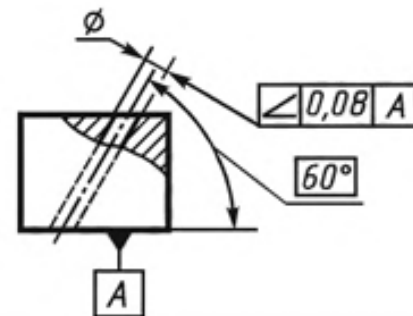
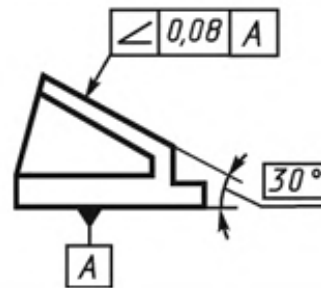
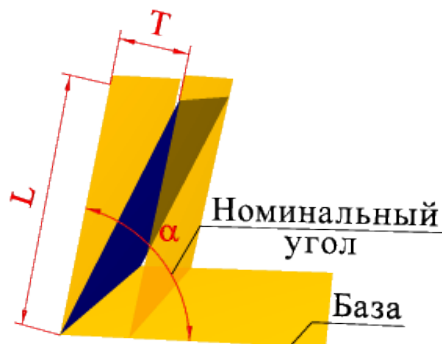
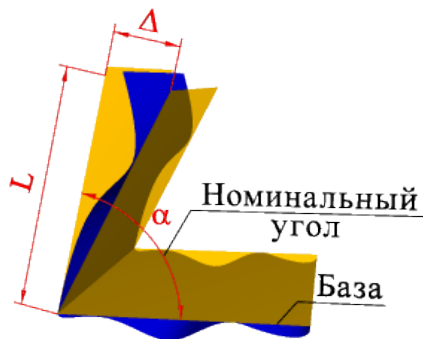


При контроле перпендикулярности на детали должен измеряться размер Δ , который представляет собой отклонение от перпендикулярности стенки паза.



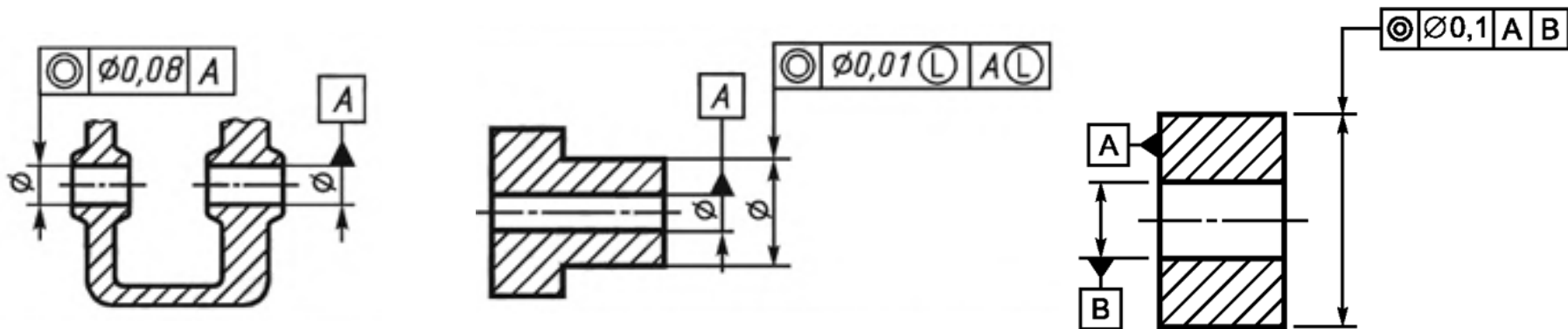
Должен измеряться размер Δ , который представляет собой отклонение от перпендикулярности плоскости симметрии стенок паза.

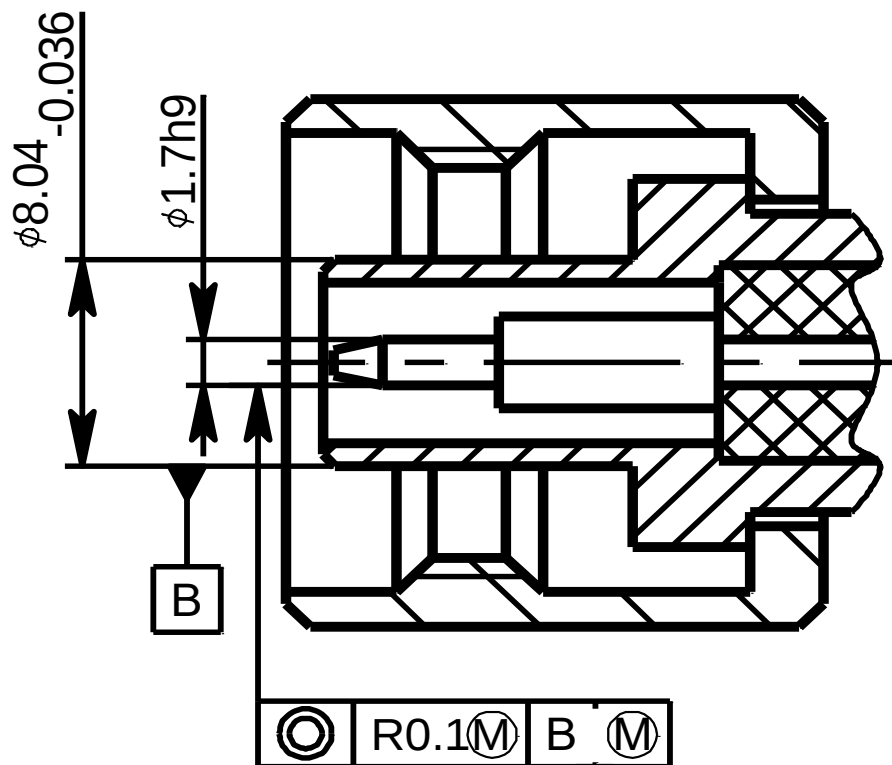
Допуск наклона плоскости (оси, прямой) относительно плоскости (оси, прямой) – отклонение угла между плоскостью и базовой плоскостью от номинального угла, выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка.



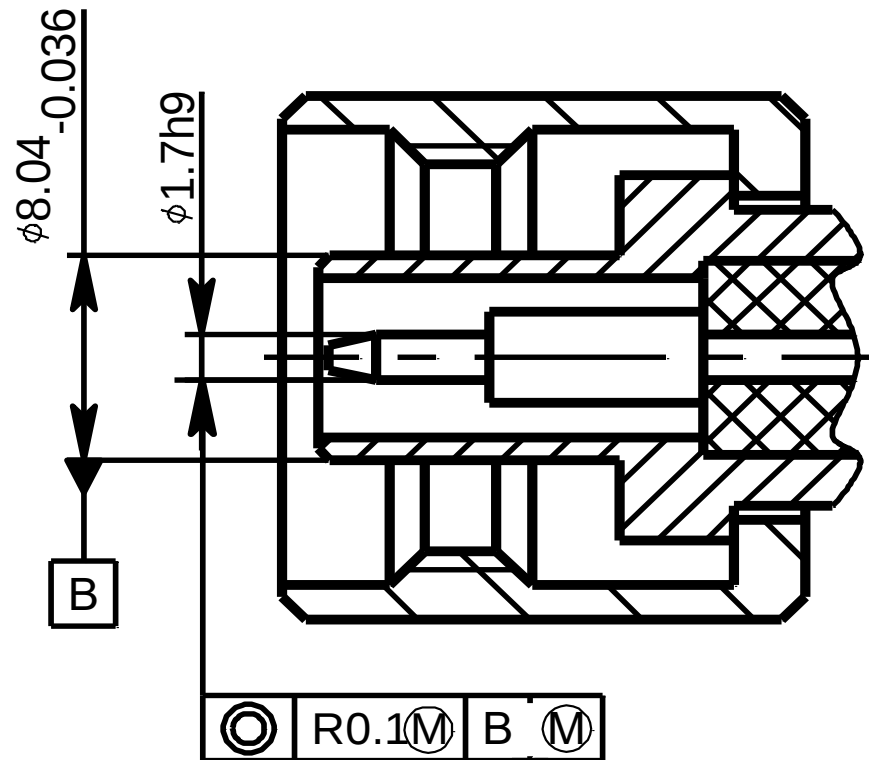
Допуск соосности относительно общей оси — это наибольшее расстояние (Δ) **между осью рассматриваемой поверхности вращения и общей осью** двух или нескольких поверхностей вращения на длине нормируемого участка.

Допуск соосности всегда относится к осям.



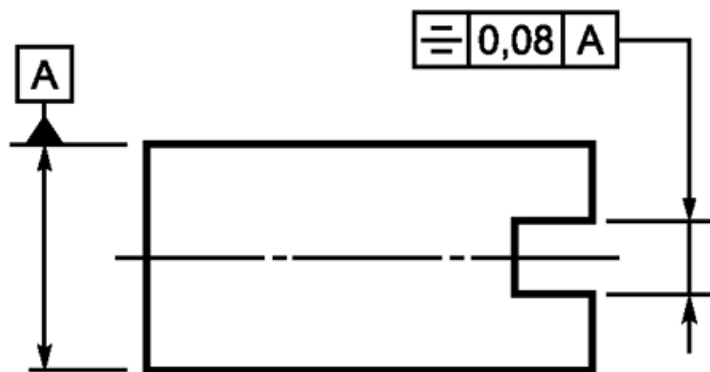


Чертеж с ошибками

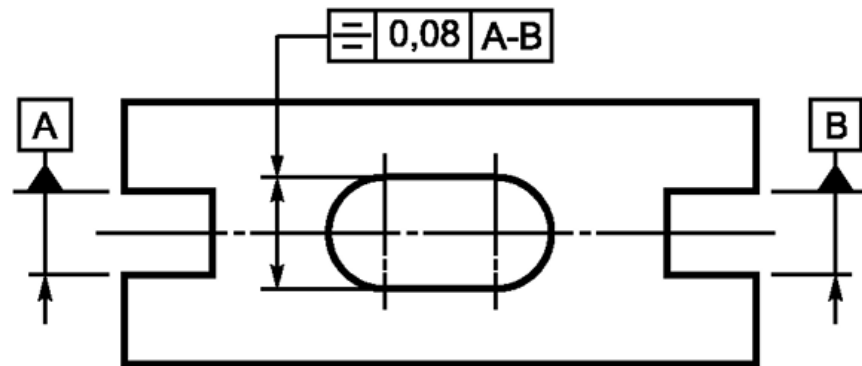


Исправленный чертеж

Допуск симметричности относительно базовой плоскости - наибольшее расстояние (Δ) между плоскостью симметрии рассматриваемой поверхности и базовой плоскостью симметрии в пределах нормируемого участка.

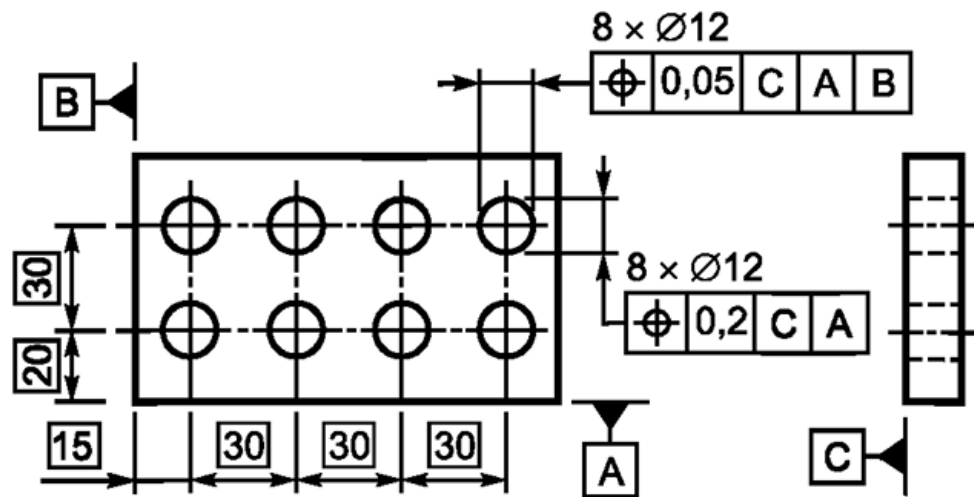


Выявленная средняя поверхность должна находиться между двумя параллельными плоскостями, расстояние между которыми равно 0,08, расположенными симметрично относительно базовой плоскости A



Выявленная средняя поверхность должна находиться между двумя параллельными плоскостями, расстояние между которыми равно 0,08, расположенными симметрично относительно общей базовой плоскости A-B

Позиционный допуск ($\oplus$) – наибольшее расстояние (Δ) реального расположения элемента (его центра, оси или плоскости симметрии) от его номинального расположения в пределах нормируемого участка.



Выявленная средняя линия каждого из 8-ми отверстий должна быть расположена между двумя парами параллельных плоскостей, расстояния между плоскостями в которых 0,05 и 0,2. Каждая пара плоскостей расположена симметрично относительно заданного теоретически точными размерами номинального положения оси соответствующего отверстия и имеет ориентацию, определяемую относительно комплекта базовых плоскостей C, A и B

СУММАРНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ И ДОПУСКИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ.

ДОПУСК БИЕНИЯ

Суммарным отклонением формы и расположения называется отклонение, являющееся **результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения** рассматриваемого элемента (поверхности или профиля) относительно заданных баз. Количественно суммарные отклонения оцениваются по точкам реальной нормируемой поверхности относительно прилегающих базовых элементов или их осей.

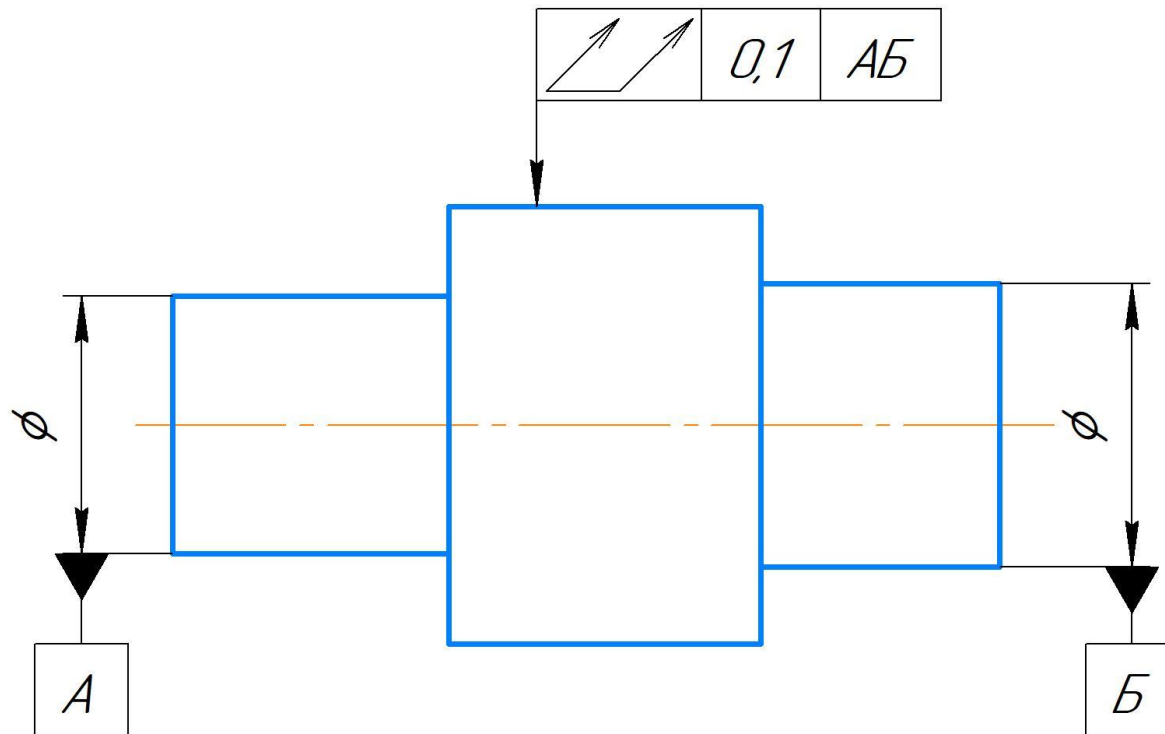
Радиальное биение ($\nearrow$) поверхности вращения относительно базовой оси является результатом **совместного проявления отклонения от круглости** профиля рассматриваемого сечения и **отклонения его центра относительно базовой оси.**

Если определяют **разность** наибольшего и наименьшего расстояний **от всех точек** реальной поверхности в пределах нормированного участка L **до базовой оси**, то находят **полное радиальное биение**:

$$\Delta = R_{\max} - R_{\min}.$$

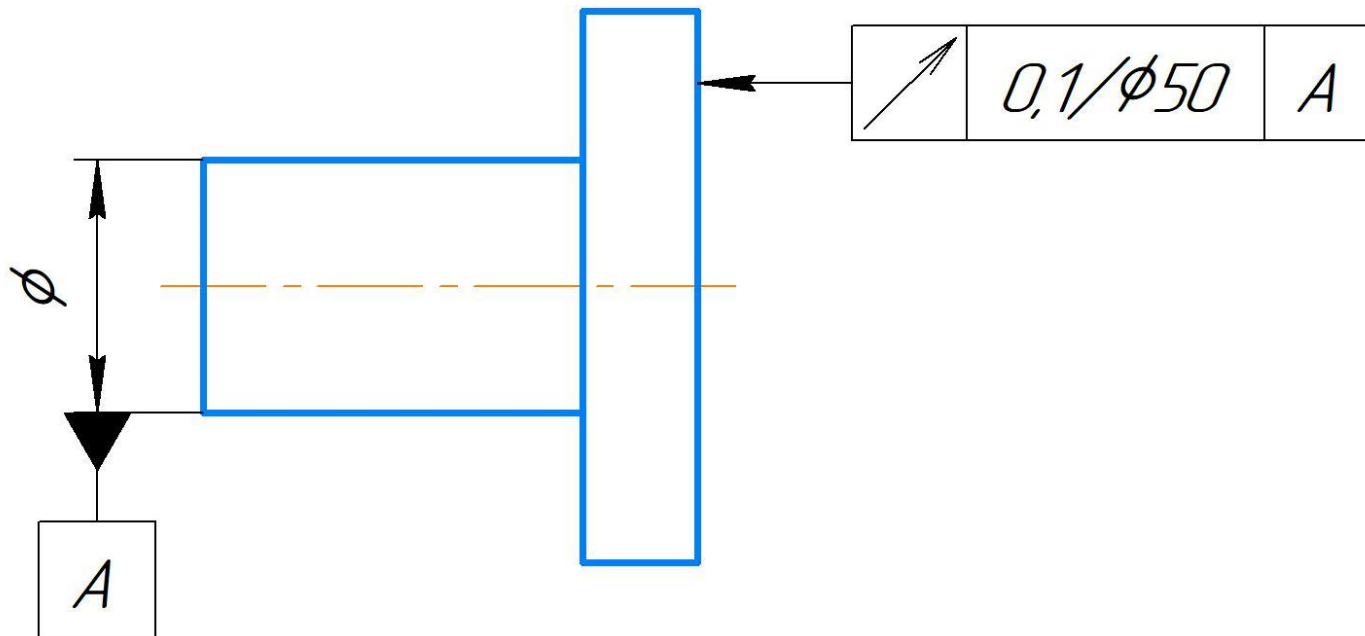
Оно является **результатом совместного проявления отклонения от цилиндричности поверхности и отклонения от ее соосности** относительно базовой оси.

Пример обозначения **полного** радиального биения

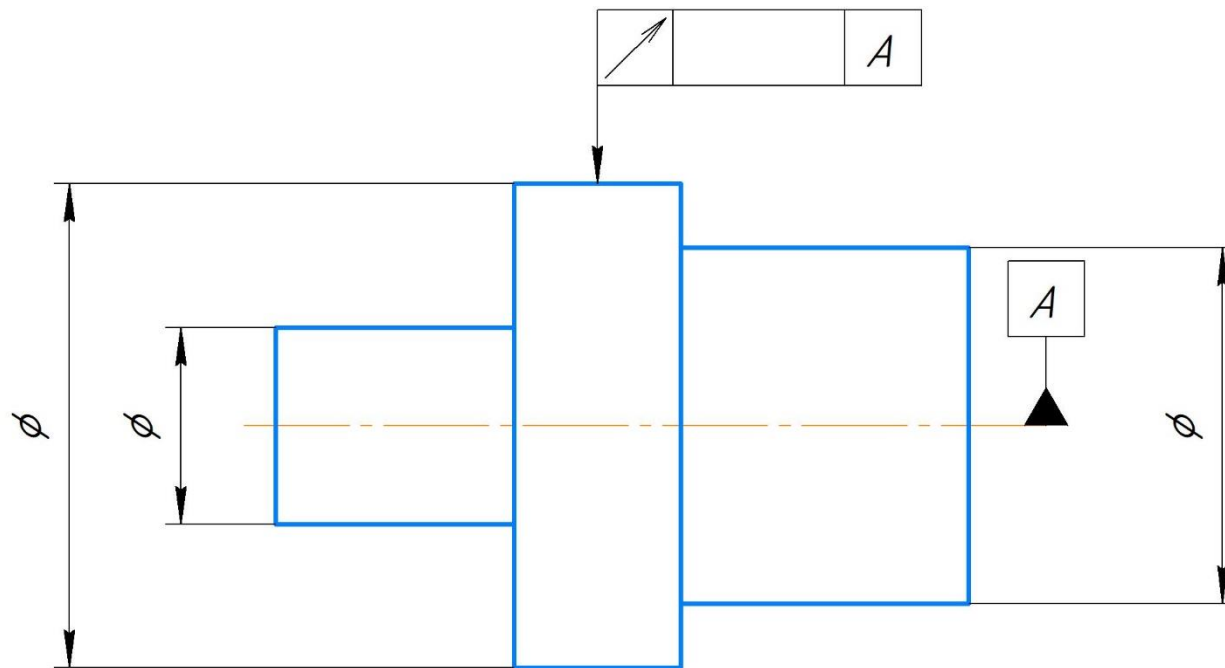


Торцовое биение (полное) – разность (Δ) наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Оно является результатом **совместного проявления отклонения от прямолинейности (плоскостности) рассматриваемой поверхности и отклонения от перпендикулярности**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

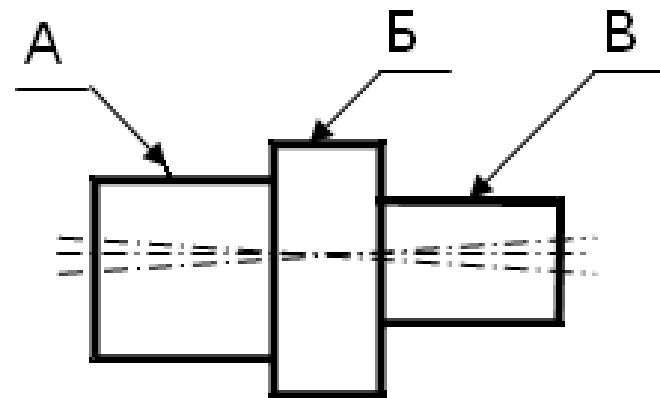
Пример обозначения торцевого биения



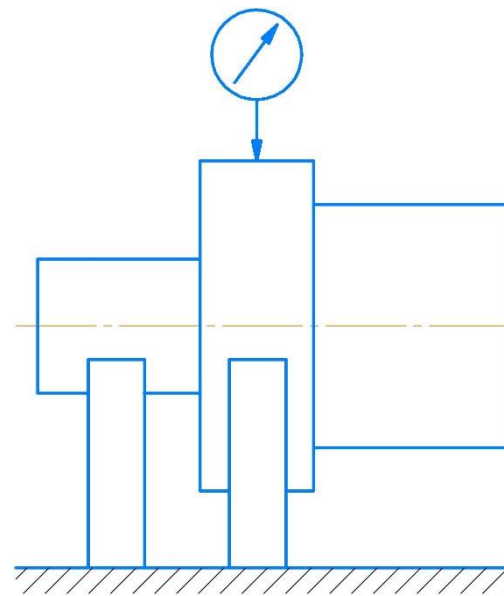
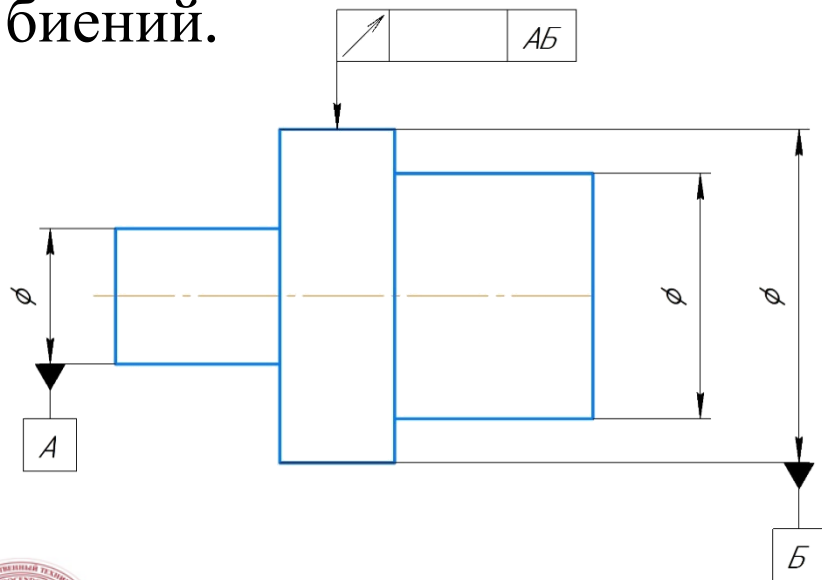
Ошибка в обозначении базы



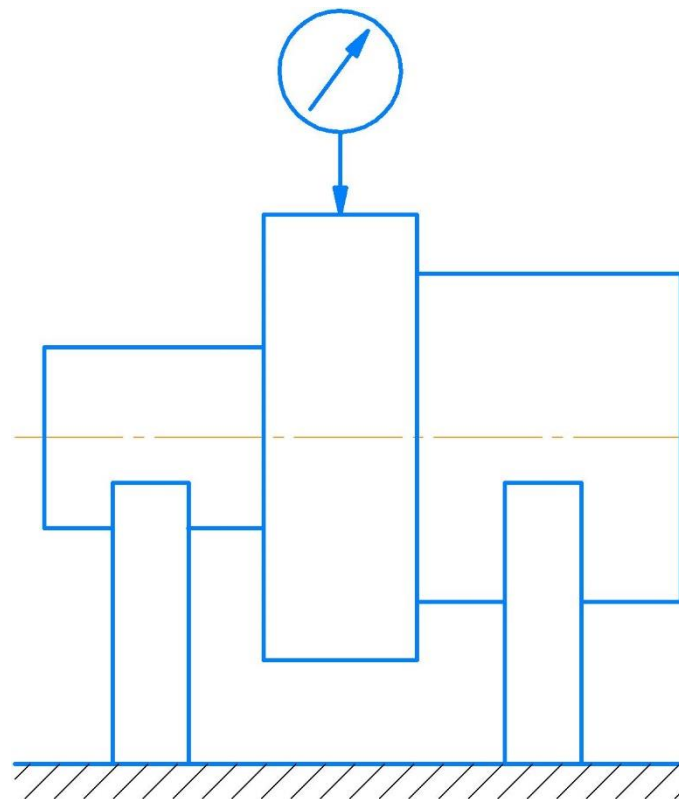
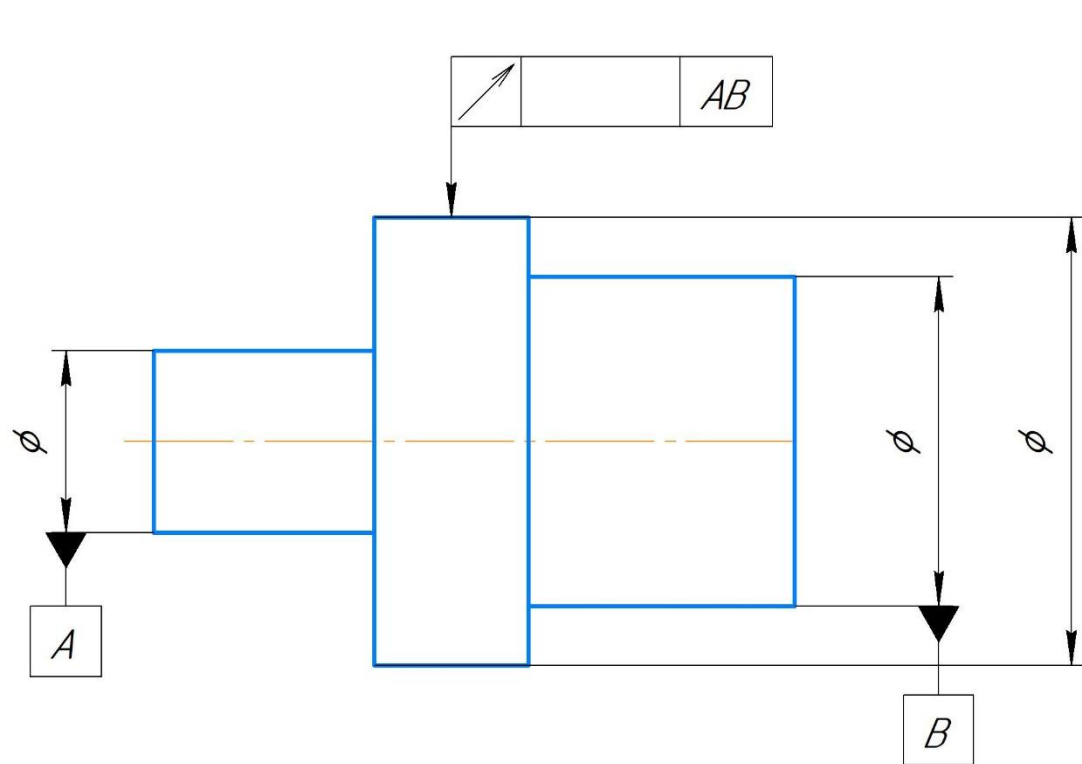
Деталь имеет общие оси: 1 – для поверхностей Б и В; 2 – для А и В; 3 – для А и Б, а также общую ось для всех трех поверхностей А, Б и В. Если в чертеже такой детали будут заданы требования к наличию центровых отверстий, то деталь будет ещё иметь общую ось центровых отверстий. В детали из-за неизбежных погрешностей изготовления эти оси не будут совпадать между собой. Из эскиза на рисунке не ясно, какую из перечисленных общих осей изображает осевая линия, и какая из этих осей должна являться базой. Поэтому **треугольник, обозначающий базу, на осевую линию поставлен неправильно.**



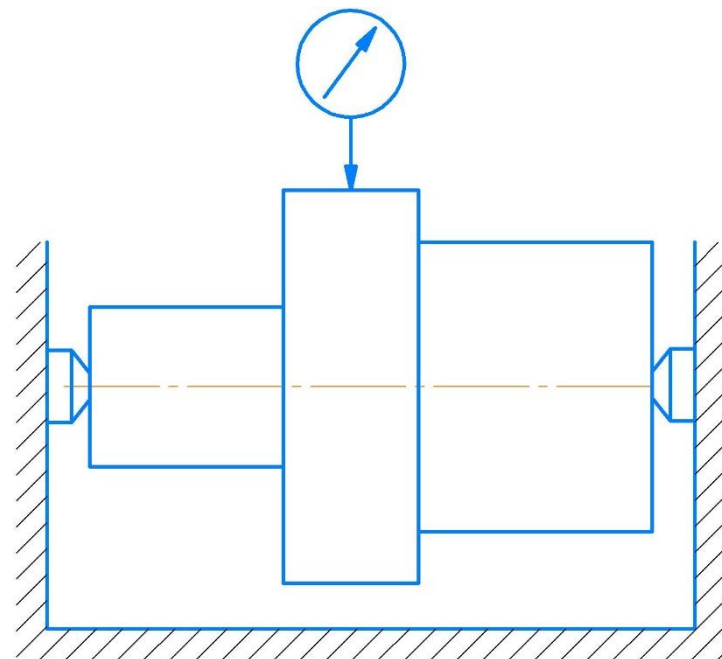
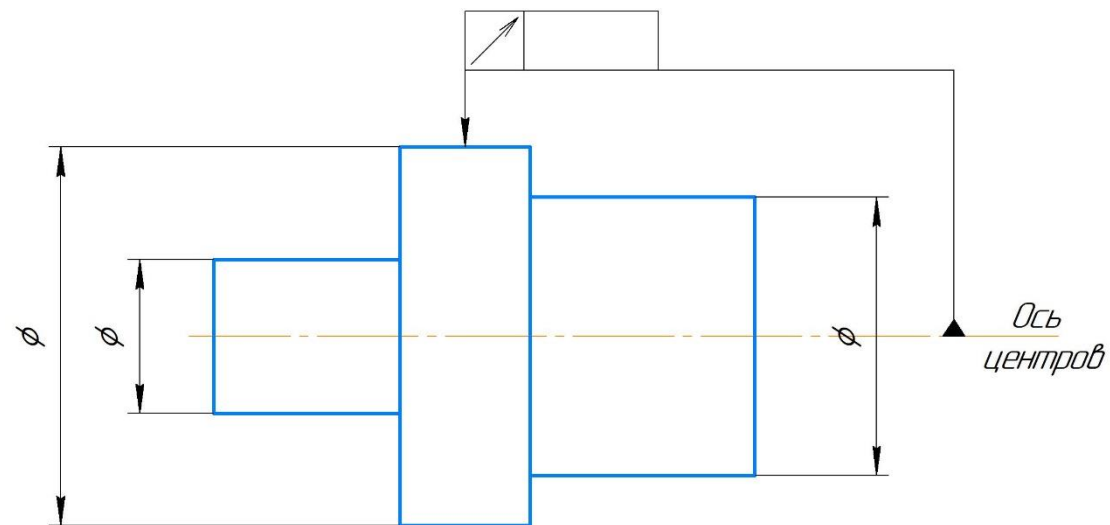
Приведем некоторые из **возможных правильных вариантов** указаний допуска радиального биения на чертеже такой детали. Этим вариантам соответствуют разные схемы измерения биений.



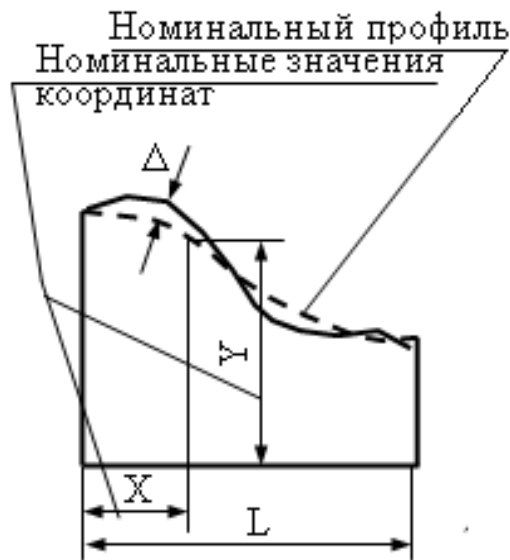
Нормирование точности формы и расположения поверхностей



Нормирование точности формы и расположения поверхностей



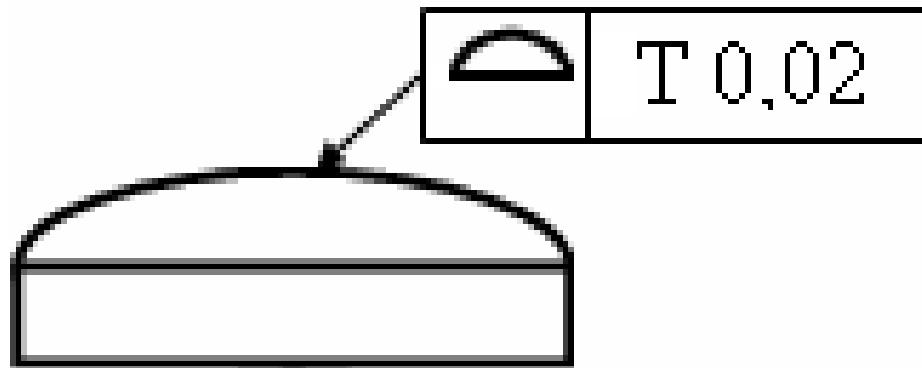
Отклонение формы заданного профиля ($\curvearrowright$) – наибольшее отклонение Δ точек реального профиля, определяемое по нормали к нормируемому профилю в пределах нормируемого участка L .



Отклонение формы заданной поверхности – наибольшее отклонение Δ точек реальной поверхности от номинальной поверхности, определяемое по нормали к номинальной поверхности в пределах нормируемых участков L_1 , L_2 .



Пример обозначения отклонения формы заданной поверхности



ЗАВИСИМЫЙ И НЕЗАВИСИМЫЙ ДОПУСКИ РАСПОЛОЖЕНИЯ (ФОРМЫ)



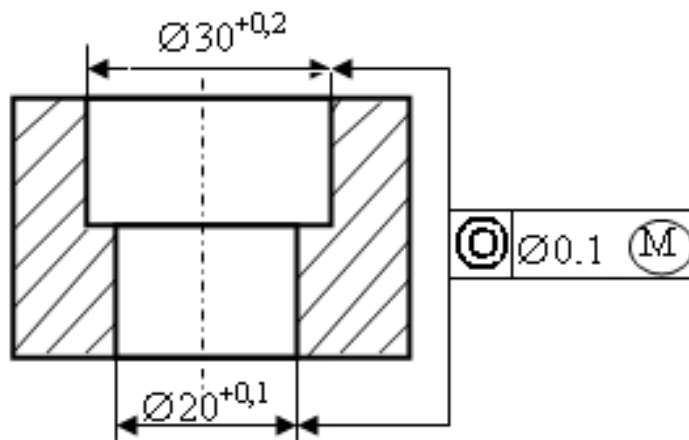
Допуски расположения или формы, устанавливаемые для валов или отверстий, могут быть зависимыми и независимыми.

Зависимым называют **переменный допуск** расположения или формы, **минимальное значение которого указывается в чертеже** или 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):

$$T_{\text{зав}} = T_{\text{min}} + T_{\text{доп}} ,$$

где T_{min} - минимальная часть допуска, связанная при расчете с допустимым зазором;

$T_{\text{доп}}$ - дополнительная часть допуска, зависящая от действительных размеров рассматриваемых поверхностей.



На рисунке показана деталь с отверстиями разных размеров $\varnothing 20^{+0,1}$ и $\varnothing 30^{+0,2}$ с допуском на соосность $T_{\min} = 0,1$ мм. Дополнительная часть допуска определится по выражению

$$T_{\text{доп}} = D_{1\text{дейст}} - D_{1\text{мин}} + D_{2\text{дейст}} - D_{2\text{мин}}$$

При наибольших значениях действительных размеров отверстий

$$T_{\text{доп max}} = 30,2 - 30 + 20,1 - 20 = 0,3.$$

$$\text{При этом } T_{\text{зав max}} = 0,1 + 0,3 = 0,4.$$

Зависимые допуски назначают **ТОЛЬКО** для элементов (их осей или плоскостей симметрии), представляющих собой **отверстия** или **валы** (по ГОСТ 25346).

Зависимые допуски назначают, как правило, когда необходимо **обеспечить сборку деталей с зазором** между сопрягаемыми элементами.

Зависимые допуски формы, расположения и координирующих размеров обеспечивают **сборку деталей по методу полной взаимозаменяемости** без какого-либо подбора парных деталей, поскольку дополнительное отклонение формы, расположения или координирующих размеров элемента компенсируется отклонениями действительных размеров элементов той же самой детали.

Зависимые допуски формы, расположения и координирующих размеров, как правило, **не следует назначать** в случаях, когда отклонения формы и расположения влияют на сборку и функционирование деталей независимо от действительных отклонений размеров элементов и не могут быть компенсированы ими.

Примерами являются допуски расположения деталей или элементов, образующих посадки с натягами или переходные, обеспечивающих кинематическую точность, балансировку, плотность или герметичность, в том числе допуски расположения осей отверстий под валы зубчатых передач, посадочных мест под подшипники качения, резьбовых отверстий под шпильки и тяжело нагруженные винты.

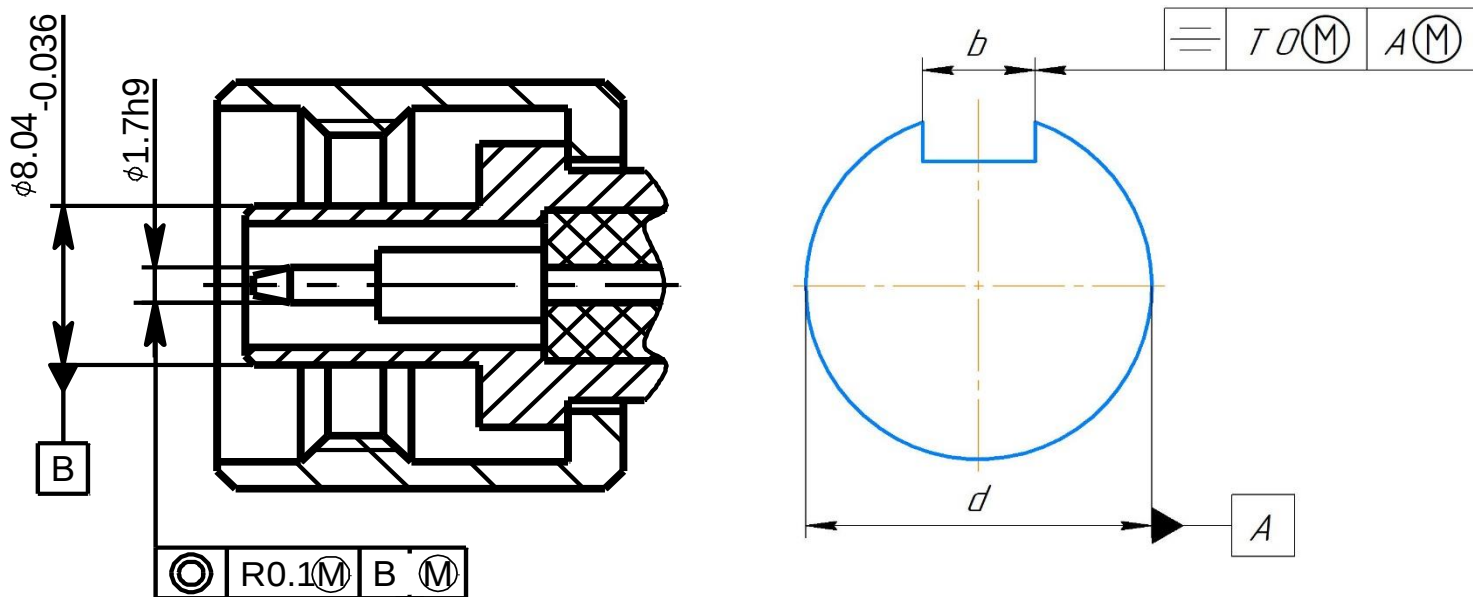
Зависимыми могут назначаться **допуски** **формы:**

- допуск прямолинейности оси цилиндрической поверхности;
- допуск плоскостности поверхности симметрии ПЛОСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ.

Зависимыми могут назначаться **допуски расположения**:

- допуски перпендикулярности оси (или плоскости симметрии) относительно плоскости или оси;
- допуски наклона оси (или плоскости симметрии) относительно плоскости или оси;
- допуск соосности;
- допуск симметричности;
- допуск пересечения осей;
- позиционный допуск оси или плоскости симметрии.

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

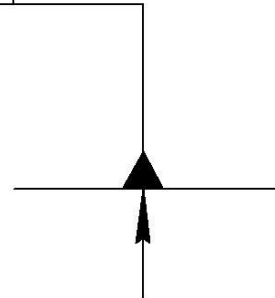
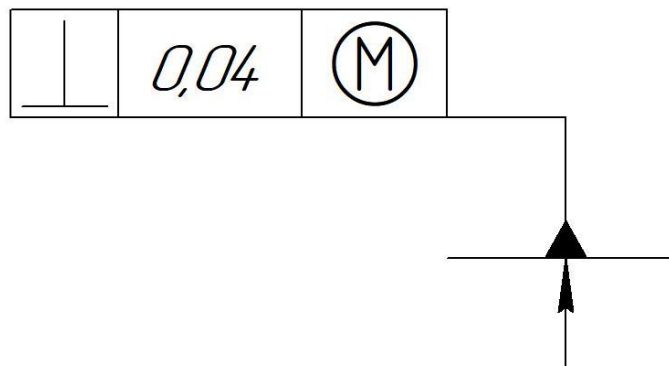
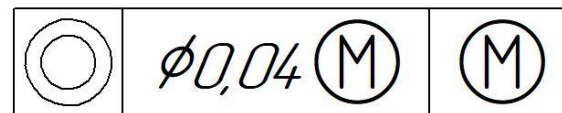
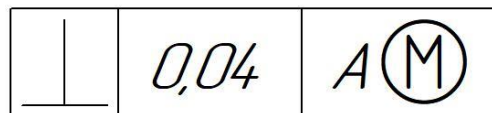
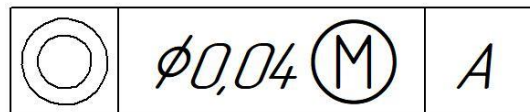


Независимым называют допуск расположения или формы поверхностей, **числовое значение которого постоянно** и не зависит от действительных размеров рассматриваемых поверхностей.

Если допуск расположения или формы не указан как зависимый, то его считают **независимым**.

Зависимые допуски расположения и формы обозначают условным знаком (буквой «М» в кружке), который помещают:

- 1) **после числового значения допуска**, если зависимый допуск связан с действительными размерами **рассматриваемых поверхностей**;
- 2) **после буквенного обозначения базы** или без буквенного обозначения базы в третьей части рамки, если этот допуск связан с действительными размерами **базовой поверхности**;
- 3) **после числового значения допуска и буквенного обозначения базы** или без буквенного обозначения базы, если зависимый допуск связан с действительными размерами **рассматриваемого и базового элемента**.



ОБОЗНАЧЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ



Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей - по ГОСТ 24643-81

«Числовые значения допусков формы, допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения поверхностей должны соответствовать указанным в таблице.»

мкм									
0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8
10	12	16	20	25	30	40	50	60	80
100	120	160	200	250	300	400	500	600	800
1000	1200	1600	2000	2500	3000	4000	5000	6000	8000
10000	12000	16000	—	—	—	—	—	—	—

Допуски формы и расположения поверхностей допускается указывать текстом в технических требованиях, как правило, в том случае, если отсутствует знак вида допуска.

При указании допуска формы и расположения поверхностей в технических требованиях текст должен содержать:

- вид допуска;
- указание поверхности или другого элемента, для которого задается допуск (для этого используют буквенное обозначение или конструктивное наименование, определяющее поверхность);
- числовое значение допуска в миллиметрах;
- указание баз, относительно которых задается допуск (для допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения);
- указание о зависимых допусках формы или расположения (в соответствующих случаях)

Для отдельных видов допусков формы и расположения и суммарных допусков формы и расположения поверхностей числовые значения предпочтительней устанавливать в соответствии со степенями точности

Допуски плоскостности и прямолинейности

Интервалы номинальных размеров, мм				Степени точности															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
				МКМ												ММ			
До	10			0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	0,06	0,1	0,16	0,25
Св. 10	"	16		0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2	0,3
"	16	"	25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4

**Допуски формы цилиндрических поверхностей в зависимости
от качества допуска размера**

Допуск в мкм

Интервалы номинальных размеров, мм				Квалитеты допуска размера											
				4			5			6			7		
				Относительная геометрическая точность											
				A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	До	3		0,8	0,5	0,3	1,2	0,8	0,5	2	1,2	0,8	3	2	1,2
Св.	3	"	6	1	0,6	0,4	1,6	1	0,6	2,5	1,6	1	4	2,5	1,6
"	6	"	10	1	0,6	0,4	1,6	1	0,6	2,5	1,6	1	4	2,5	1,6
"	10	"	18	1,2	0,8	0,5	2	1,2	0,8	3	2	1,2	5	3	2

Допуск формы поверхности не может быть больше допуска на размер этой поверхности. Таким образом, для нормирования точности формы используется часть от допуска на размер. Стандарт устанавливает следующие уровни относительной геометрической точности формы:

Уровни относительной геометрической точности, которые характеризуются соотношением между допуском формы или расположения и допуском размера:

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**.

Допуски формы цилиндрических поверхностей, соответствующие уровням A , B , C составляют примерно 30, 20 и 12 % допуска размера, так как допуск формы ограничивает отклонение радиуса, а допуск размера – отклонение диаметра поверхности.

Для нормирования точности формы предусмотрены **степени точности:**

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16.

Числовые **значения допусков увеличиваются** от одной степени к другой.

Существует **связь между** точностью размеров деталей (**кавалитетом**) и точностью формы или расположения поверхностей (**степенью точности**).

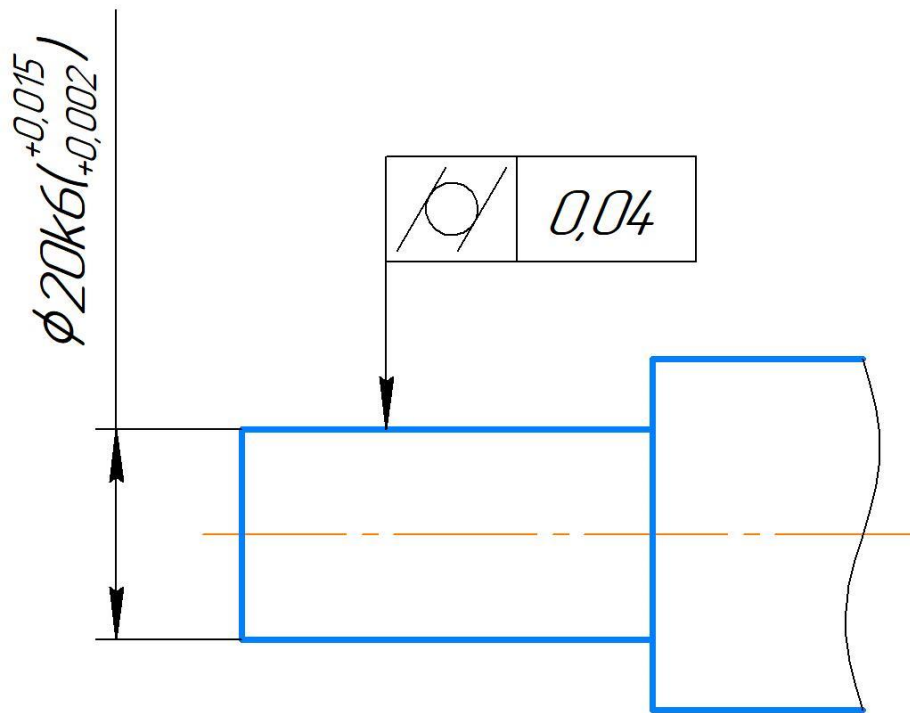
Назначение степени точности формы в зависимости от квалитета размера можно осуществлять, пользуясь таблицей.

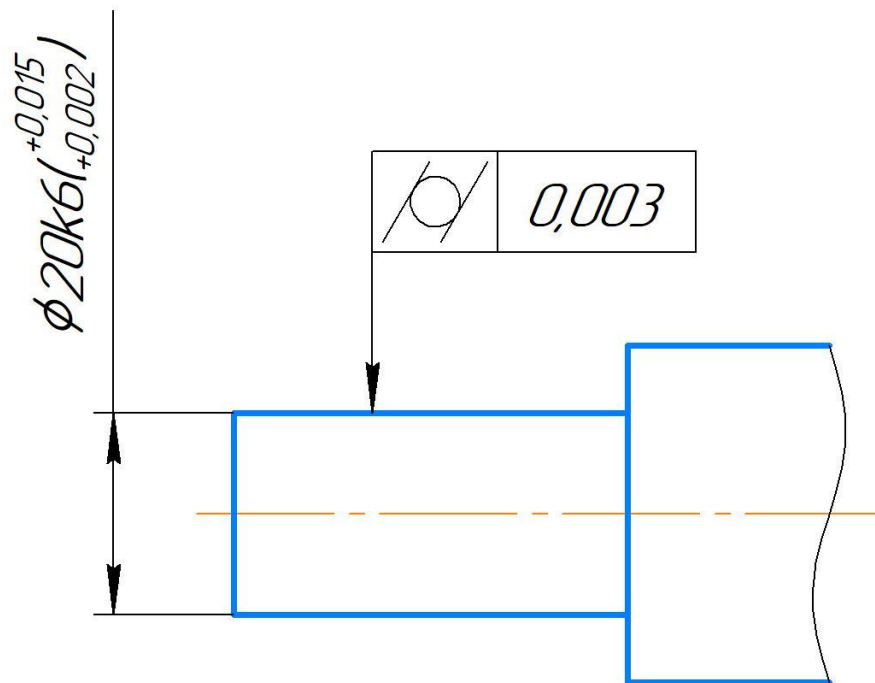
Квалитет	Уровень относительной геометрической точности формы	Степень точности формы
5	A	4
	B	3
	C	2
6	A	5
	B	4
	C	3
7	A	6
	B	5
	C	4

Допуски формы и расположения можно ограничивать допуском размера.

На чертежах **допуски формы** и расположения поверхностей **указывают** только, **когда они** должны быть **меньше допусков размера** или неуказанных допусков.

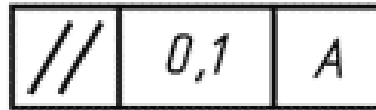
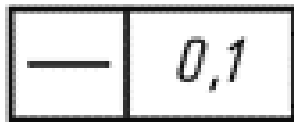
Характерная **ошибка** при нормировании точности формы



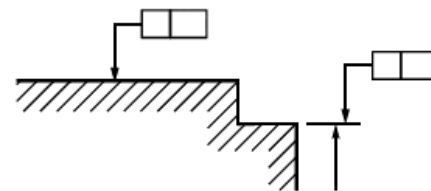


$$T_{\phi} = 20 \% T_d = 0,20 * 0,013 = 0,0026 = 0,003$$

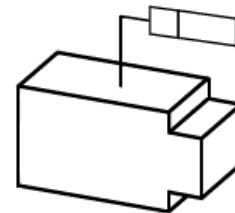
При условном обозначении данные о допусках формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на две и более части



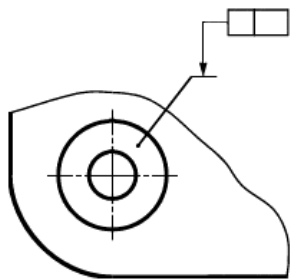
Рамку соединяют с элементом, к которому относится допуск, сплошной тонкой линией, заканчивающейся стрелкой



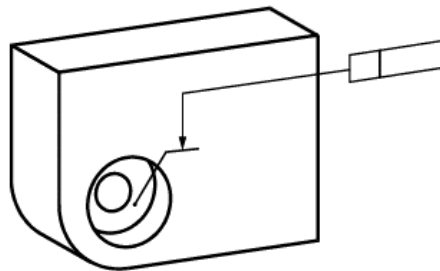
a) 2D



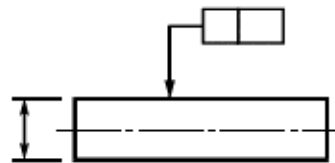
b) 3D



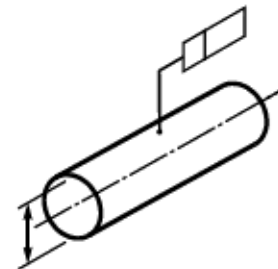
a) 2D



b) 3D

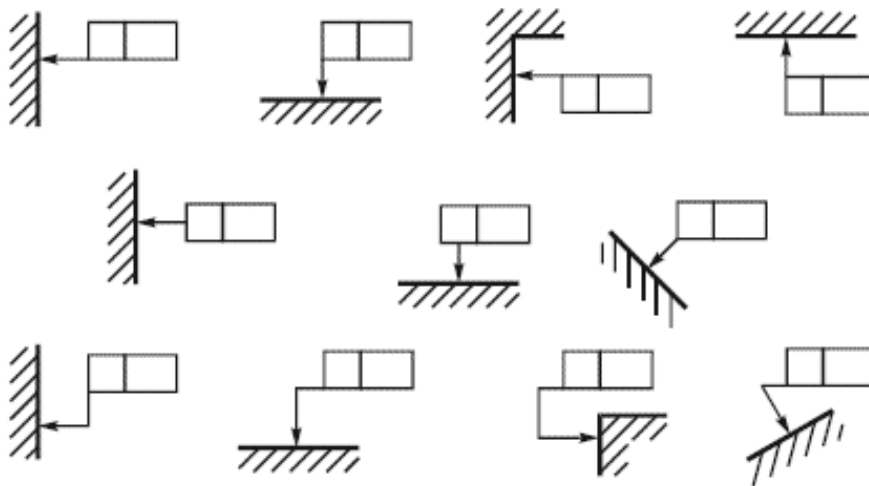


a) 2D



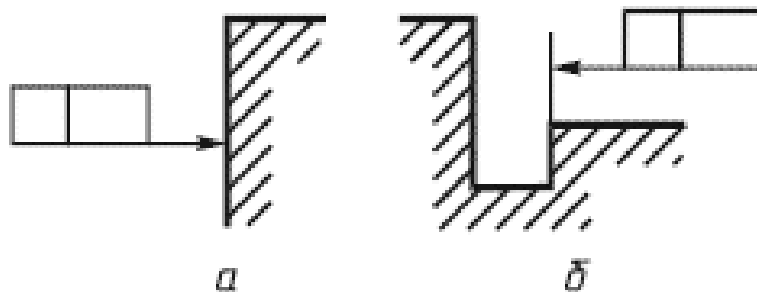
b) 3D

Соединительная линия может быть прямой или ломаной, но направление отрезка соединительной линии, заканчивающегося стрелкой, должно соответствовать направлению измерения отклонения



В необходимых случаях **допускается**:

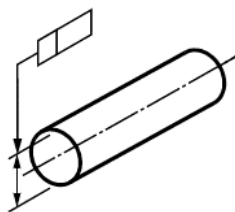
- проводить соединительную линию от второй (последней) части рамки;
- заканчивать соединительную линию стрелкой и со стороны материала детали



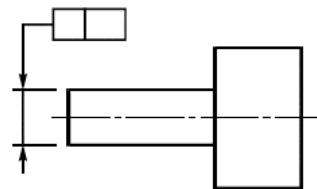
Если допуск относится к оси или плоскости симметрии, то соединительная линия должна быть продолжением размерной линии. При недостатке места стрелку размерной линии допускается совмещать со стрелкой соединительной линии



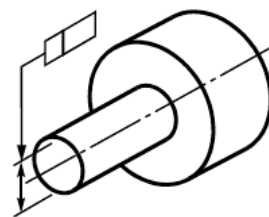
a) 2D



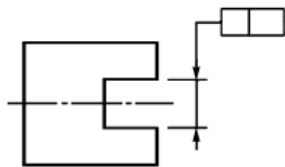
b) 3D



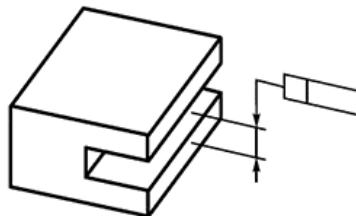
a) 2D



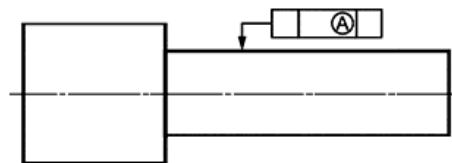
b) 3D



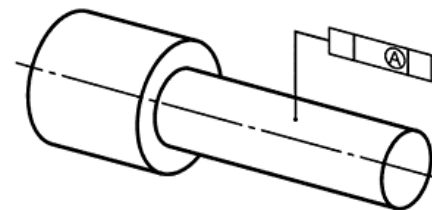
a) 2D



b) 3D

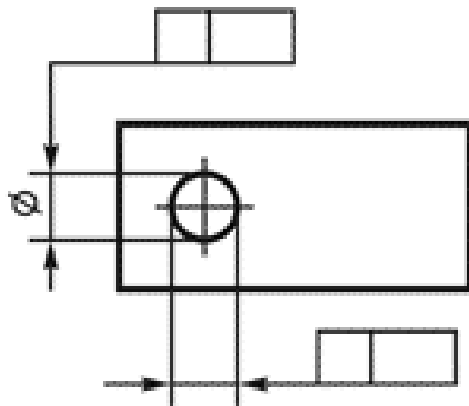


a) 2D

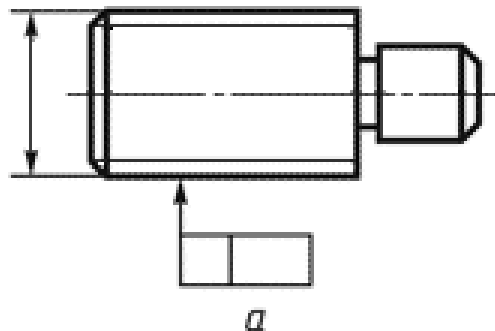


b) 3D

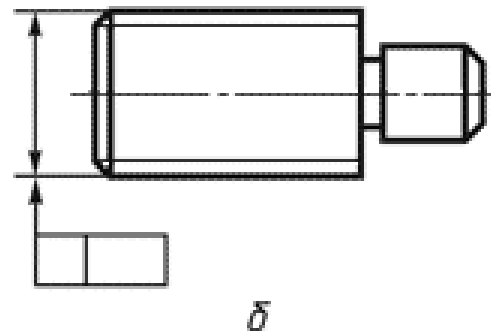
Если размер элемента уже указан один раз, то на других размерных линиях данного элемента, используемых для условного обозначения допуска формы и расположения, его не указывают. Размерную линию без размера следует рассматривать как составную часть условного обозначения допуска формы или расположения



Если допуск относится к
боковым сторонам
резьбы



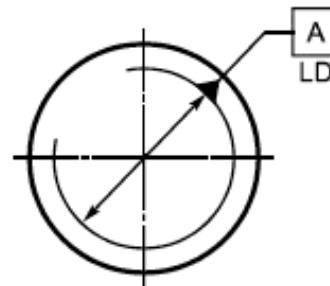
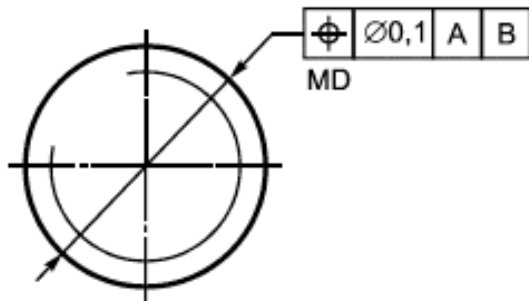
Если допуск
относится к оси
резьбы



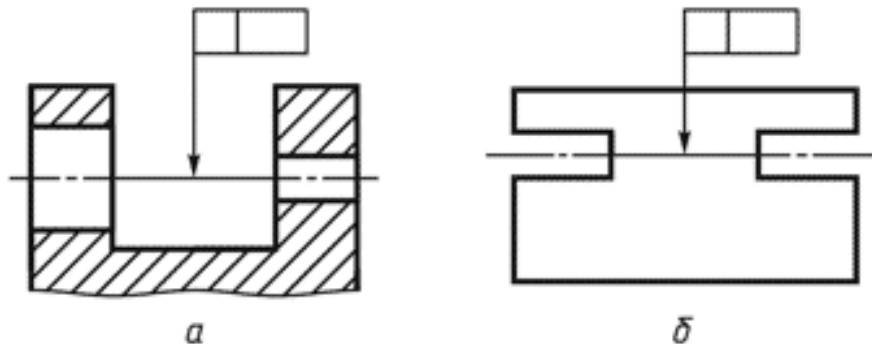
По ГОСТ Р 53442-2015

п. 10.3 Резьбы, шлицевые соединения и зубчатые колеса

Устанавливаемые для резьб допуски и базы по умолчанию относят к оси, производной от цилиндра, диаметр которого равен среднему диаметру резьбы. Если под рамкой указан знак "MD" или "LD", то допуски и базы относят к оси, производной от цилиндра, диаметр которого равен наружному или внутреннему диаметру резьбы соответственно

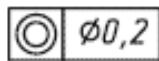


Если допуск относится к общей оси (плоскости симметрии) и из чертежа ясно, для каких поверхностей данная ось (плоскость симметрии) является общей, то рамку соединяют с осью (плоскостью симметрии)

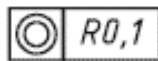


Перед числовым значением допуска следует указывать:

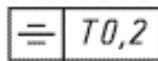
- символ $\varnothing$, если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают диаметром;
- символ R , если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают радиусом;
- символ T , если допуски симметричности, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности, а также позиционные допуски (для случая, когда поле позиционного допуска ограничено двумя параллельными прямыми или плоскостями) указывают в диаметральном выражении;
- символ $T/2$ для тех же видов допусков, если их указывают в радиусном выражении;
- слово "сфера" и символ $\oplus$, если поле допуска сферическое



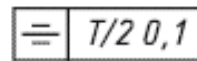
a



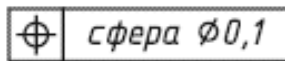
б



в



г

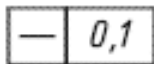


д

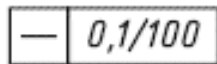
Числовые значения допуска формы и расположения поверхностей, указанные в рамке, относятся ко всей длине поверхности (а).

Если допуск относится к любому участку поверхности заданной длины (или площади), то заданную длину (или площадь) указывают рядом с допуском и отделяют от него наклонной линией, которая не должна касаться рамки (б, в).

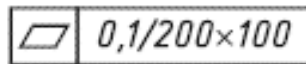
Если необходимо назначить допуск на всей длине поверхности и на заданной длине, то допуск на заданной длине указывают под допуском на всей длине



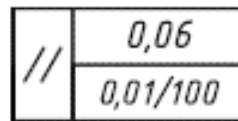
а



б

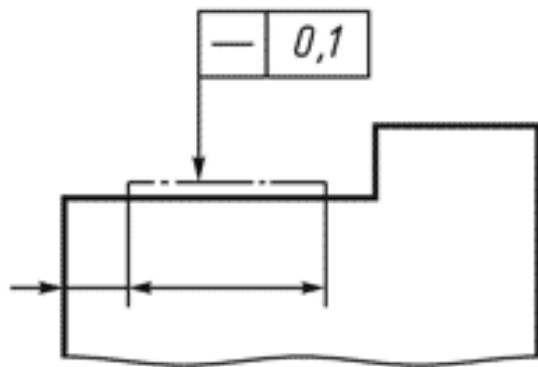


в



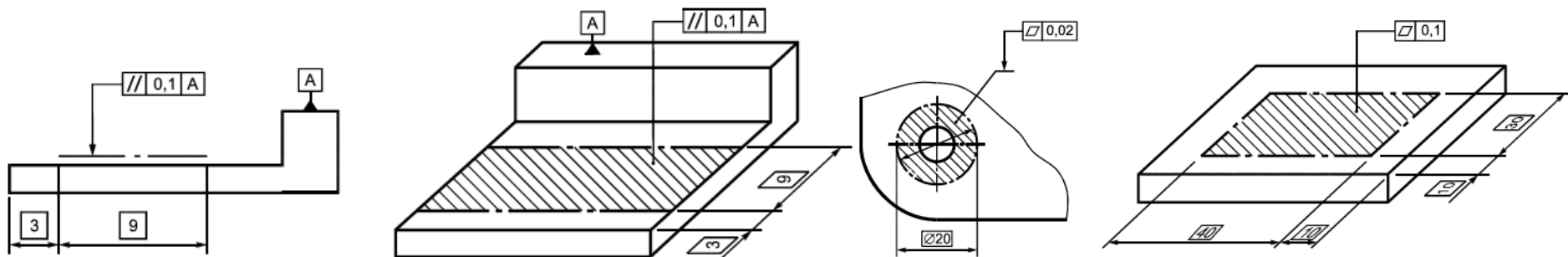
г

Если допуск должен относиться к участку, расположенному в определенном месте элемента, то этот участок обозначают штрихпунктирной линией и ограничивают размерами

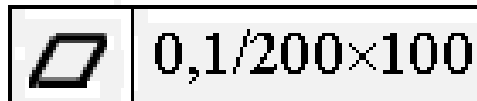


По ГОСТ Р 53442-2015

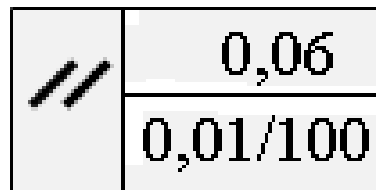
п.12.2 Если допуск должен относиться к участку, расположенному в определенном месте элемента, то этот участок обозначают **утолщенной** штрихпунктирной линией и определяют с помощью **теоретически точных размеров**. Если нормируемый участок показан на чертеже в виде поверхности, то его заштриховывают.



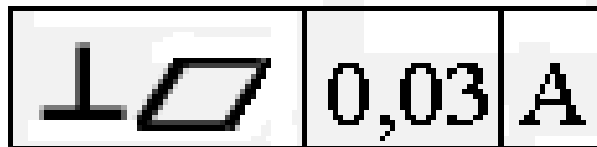
Если **допуск относится к участку поверхности** заданной длины (площади), то ее значение указывают рядом с допуском, отделяя от него наклонной линией. Например,



Если необходимо назначить **допуск на всей длине** поверхности **и на заданной длине**, то допуск на заданной длине указывают под допуском на всей длине. Например,

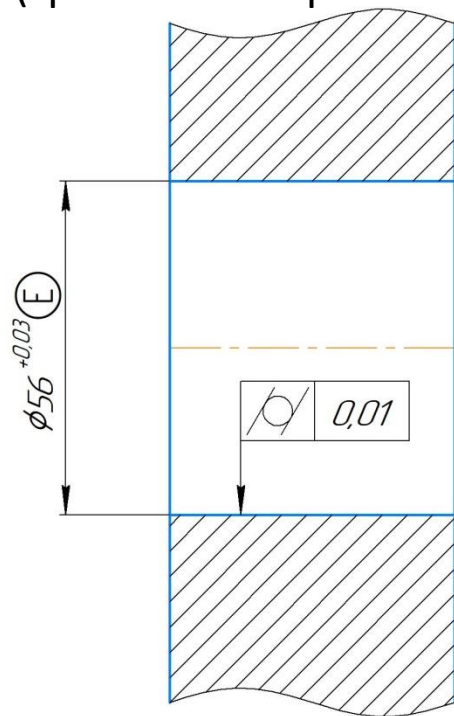


Суммарные допуски формы и расположения поверхности, для которых не установлены отдельные графические знаки, обозначают знаками составных допусков: **сначала знак допуска расположения, затем знак допуска формы.** Например,

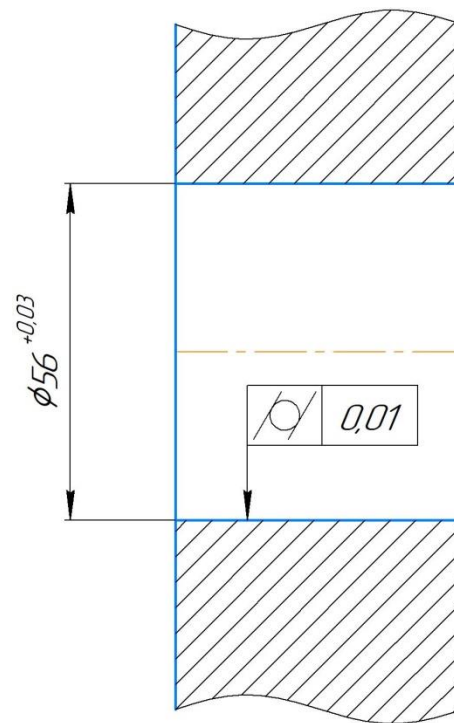


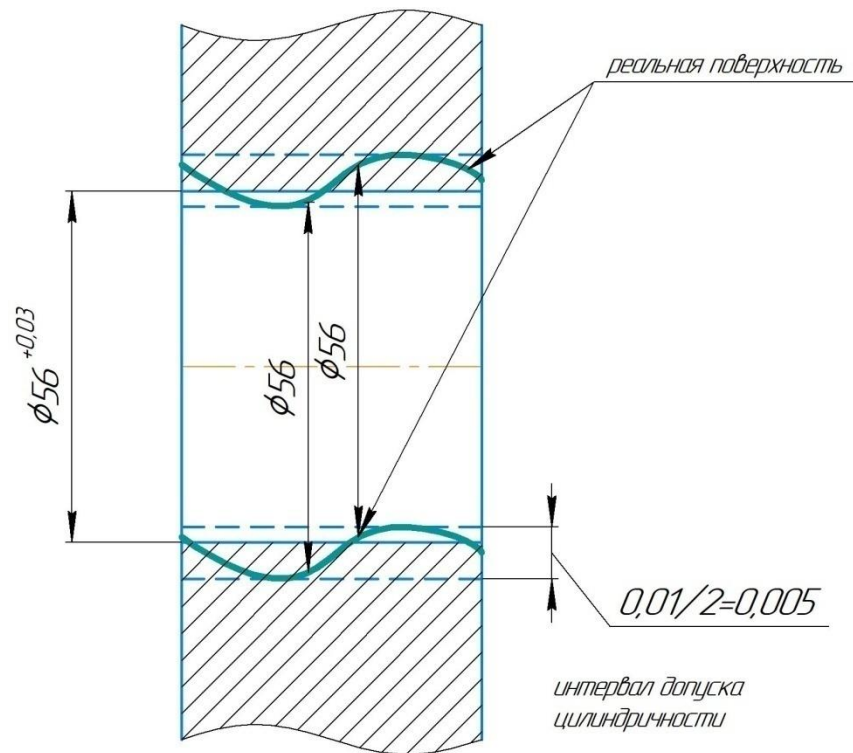
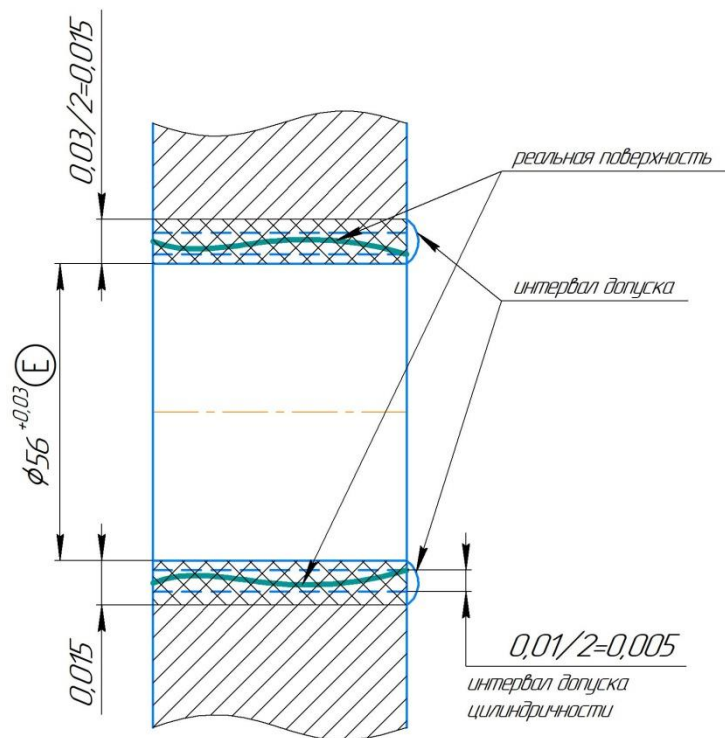
Требование прилегания (правило Тейлора) при простановке размеров

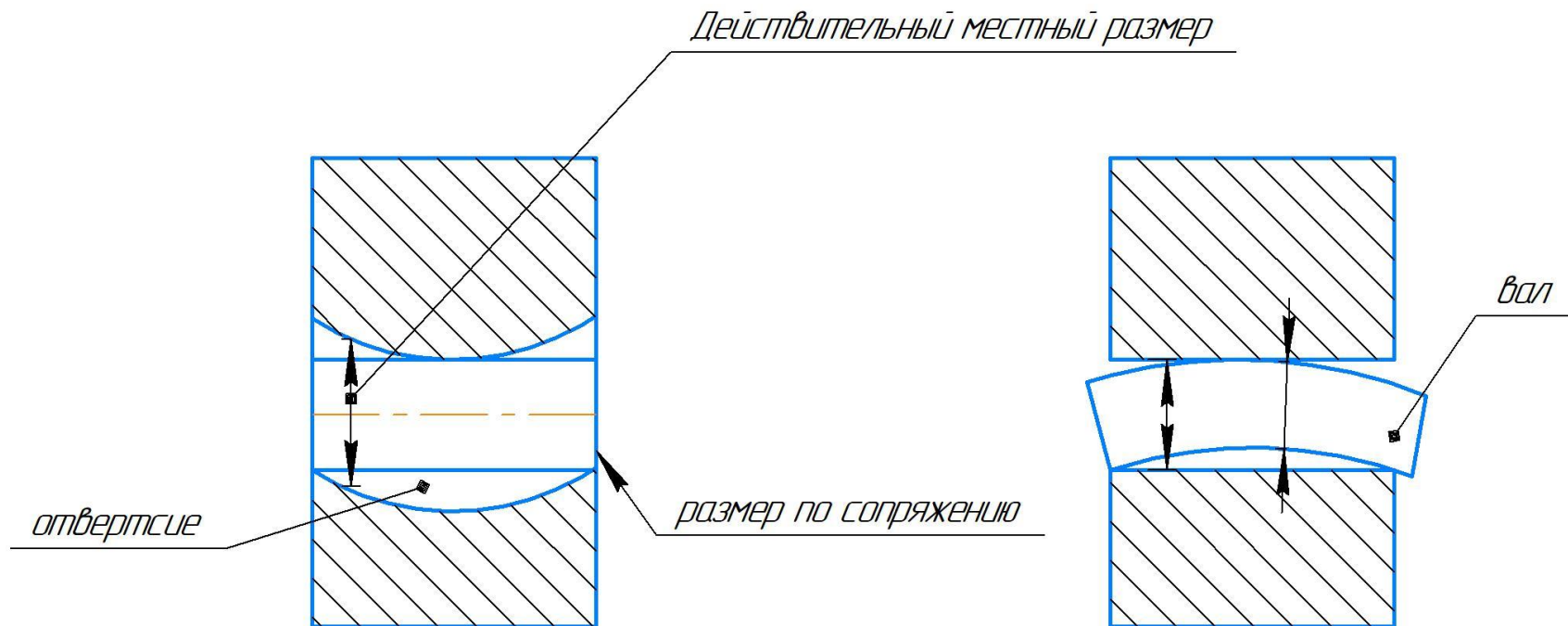
Применяется правило Тейлора
(требование прилегания)



Без применения правила Тейлора







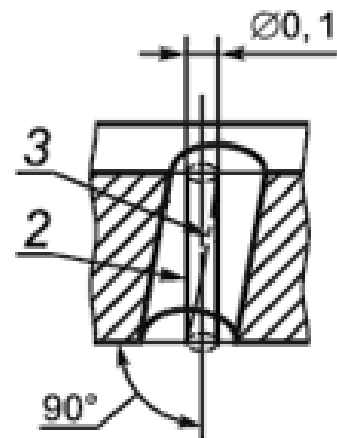
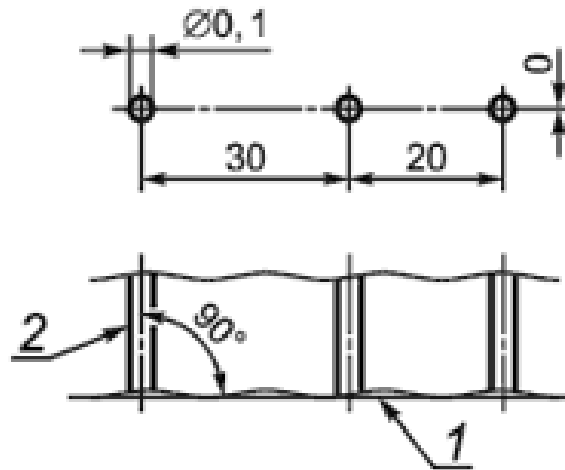
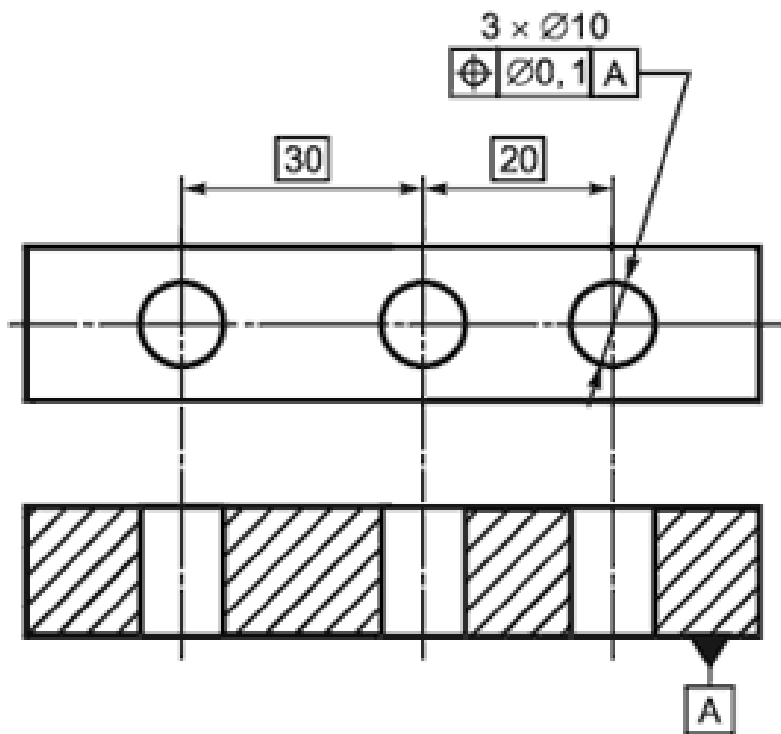
ГОСТ Р 53089-2008

Основные нормы взаимозаменяемости.
Характеристики изделий геометрические.
Установление позиционных допусков

Основными элементами позиционного допуска являются:

- теоретически точные размеры
- поля допусков
- базы.

Позиционные допуски в совокупности с теоретически точными размерами определяют поля допусков, в пределах которых должны располагаться выявленные полные (поверхность, линия на поверхности) или выявленные производные (центральная точка, средняя линия, средняя поверхность) геометрические элементы. Поле допуска располагается симметрично относительно теоретически точного месторасположения нормируемого элемента, задаваемого теоретически точными размерами.



1 - моделированная база A;
2 - поле допуска; 3 - выявленная
средняя линия отверстия

Теоретически точные размеры

Линейные и угловые теоретически точные размеры указывают без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки согласно ГОСТ 2.308.

Равные нулю линейные и равные 0° , 90° или 180° угловые теоретически точные размеры не указывают (но подразумевают), если они определяют размер между:

- нормируемыми элементами, месторасположение которых устанавливается безотносительно базы;
- нормируемыми элементами, месторасположение которых устанавливается относительно одной и той же базы или одних и тех же нескольких баз;
- нормируемыми элементами и базами, относительно которых устанавливается месторасположение элементов.

Несколько расположенных на одной и той же прямой линии нормируемых элементов считают связанными теоретически точными размерами, и их расположение рассматривается относительно одних и тех же баз, если нет специального указания или для элементов не указаны различные базы.

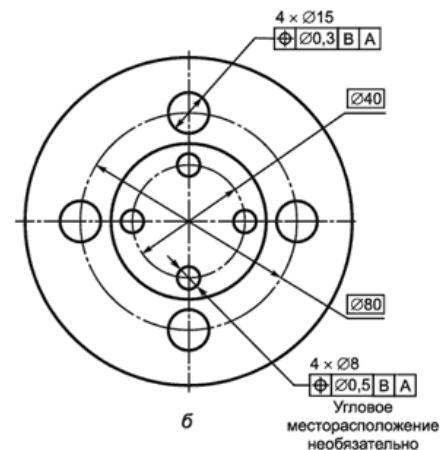
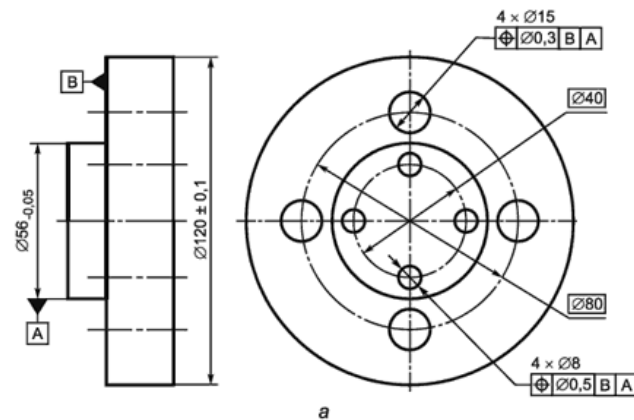
Позиционные допуски элементов, расположенных на полной окружности

Теоретически точное месторасположение нормируемых элементов, показанных на чертеже на полной окружности, считают (если нет других указаний) равномерным (т.е. неуказанные теоретически точные угловые размеры между элементами равны друг другу).

Две или более групп нормируемых элементов, показанных на чертеже на одних и тех же прямых линиях, считают связанными единым шаблоном теоретически точных размеров, если:

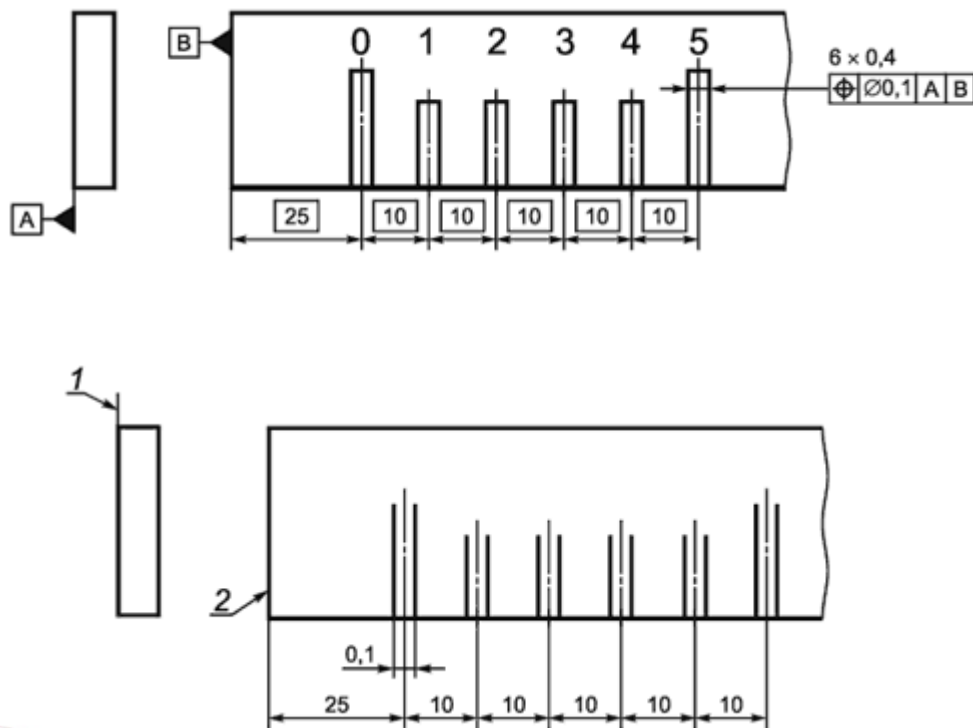
- позиционные допуски элементов указаны безотносительно баз;
- позиционные допуски элементов указаны относительно одной и той же базы;

- позиционные допуски элементов указаны относительно одного и того же комплекта баз и входящие в комплект базы перечислены в одной и той же последовательности;
- нет других указаний.



Однонаправленные позиционные допуски

Однонаправленный позиционный допуск может быть установлен только в одном направлении. В этом случае ориентация ширины поля допуска может быть параллельна или перпендикулярна относительно размеров, составляющих шаблон теоретически точных размеров, и определяется (если нет других указаний) направлением стрелки соединительной линии.

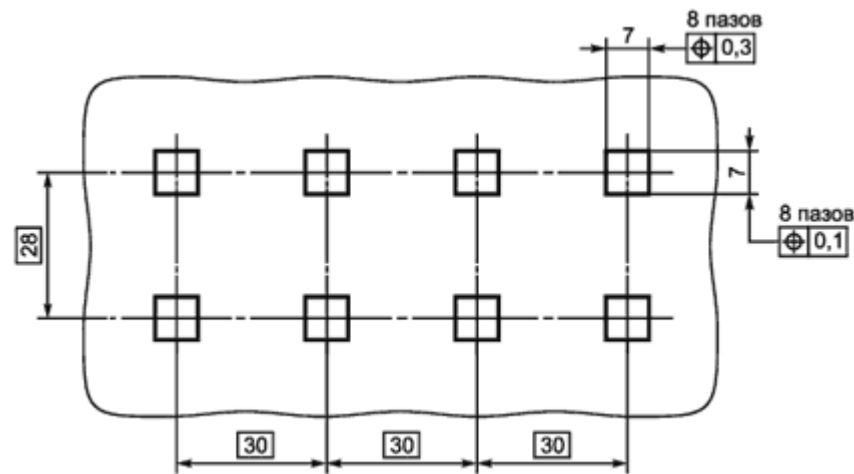


Выявленная средняя линия каждого штриха линейки должна находиться внутри поля допуска, образованного двумя параллельными прямыми, расстояние между которыми равно 0,1 мм и расположенными симметрично относительно теоретически точного месторасположения средней линии

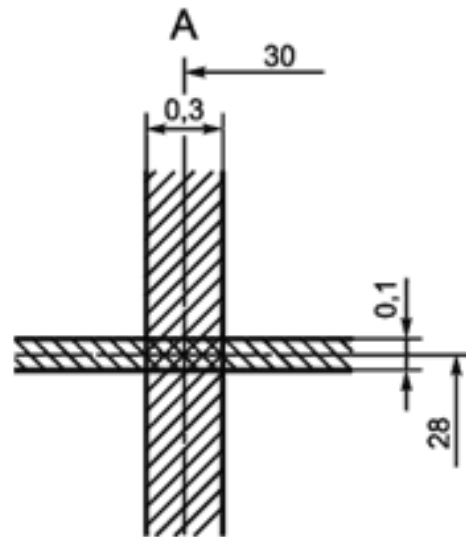
Двунаправленные позиционные допуски

Двунаправленный позиционный допуск устанавливают путем указания однонаправленных позиционных допусков (одинаковых или различных) в двух перпендикулярных друг относительно друга направлениях.

Шаблон из восьми полей допусков является "плавающим", т.е. его месторасположение и ориентация (достигаемые перемещения и вращениями шаблона) зависят от выявленных элементов детали. Кроме того, для каждого из отверстий должны быть выполнены следующие требования:



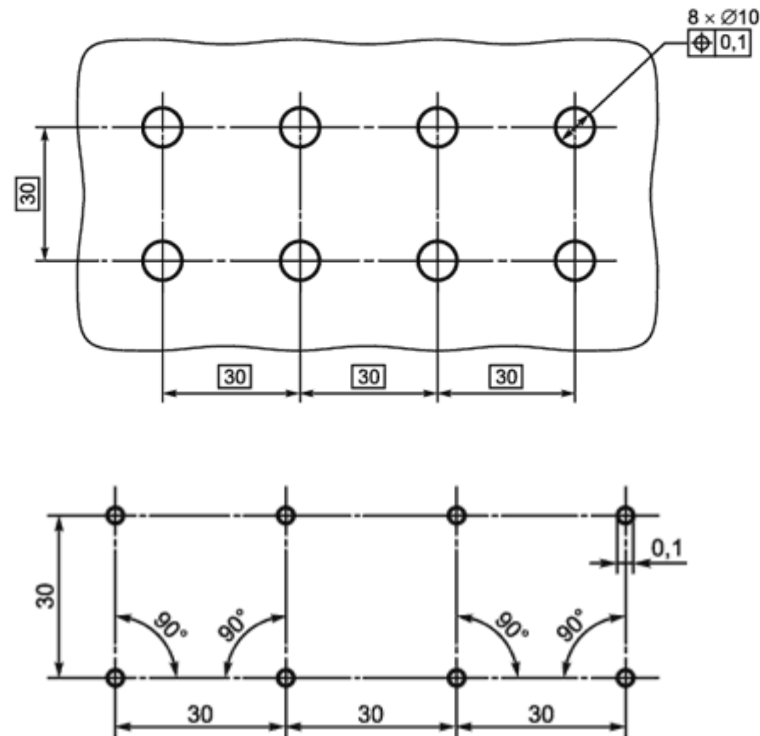
-
- Technical drawing of a 3D object, likely a mechanical part, showing dimensions and angles. The object is represented by a series of vertical and horizontal lines, indicating its geometry. Key dimensions and features include:
- A vertical dimension of 28 on the left side.
 - A horizontal dimension of 30 repeated three times, totaling 90, along the bottom.
 - Angles of 90° are indicated between the vertical and horizontal lines.
 - A circular feature labeled 'A' is shown on the left side.
 - A small horizontal dimension of 0.3 and a vertical dimension of 0.1 are shown on the right side.



Многонаправленные позиционные допуски

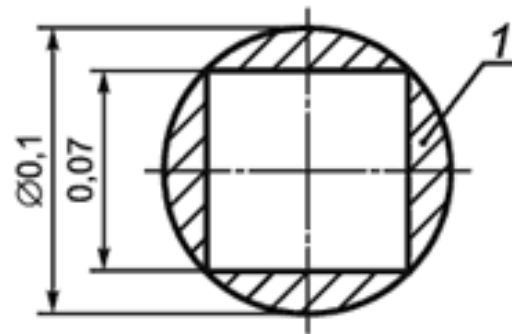
Позиционный допуск, показанный на рисунке, является многонаправленным. Его поле допуска имеет цилиндрическую форму.

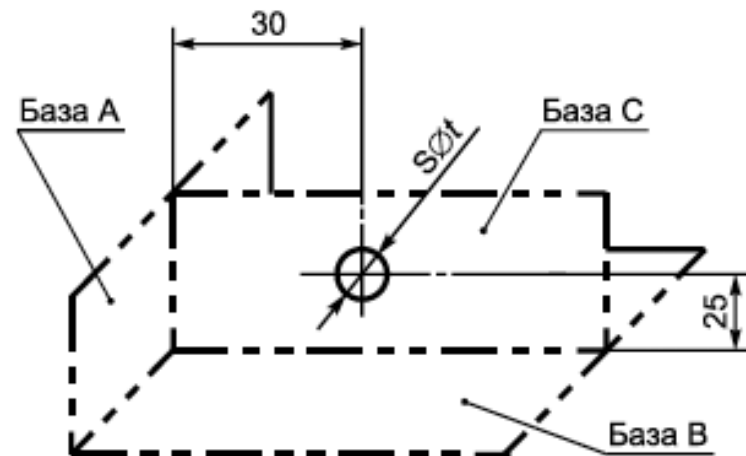
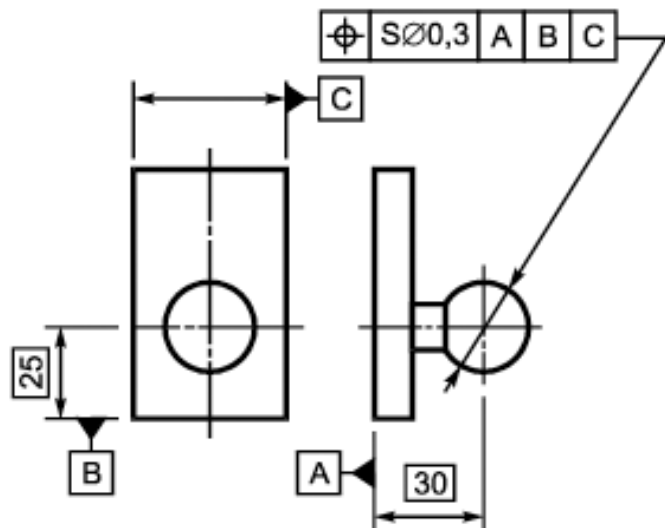
Шаблон из восьми полей допусков является "плавающим" - его месторасположение и ориентация зависят от выявленных средних линий отверстий.

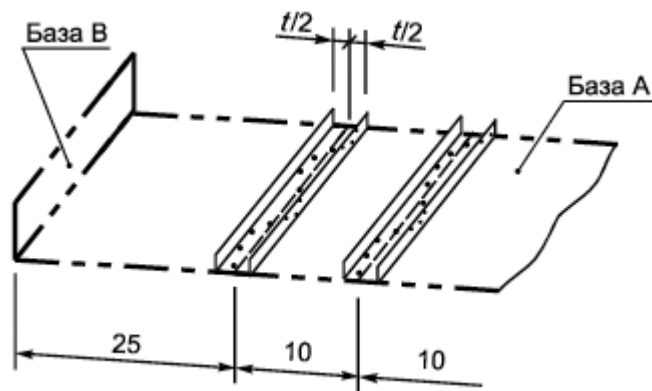
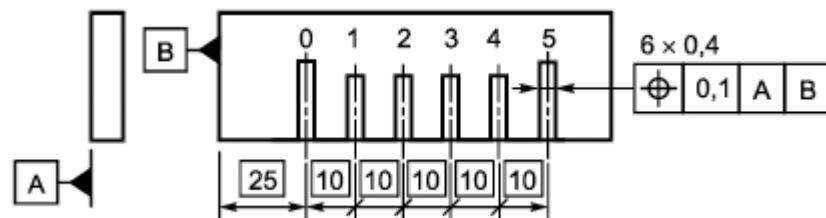


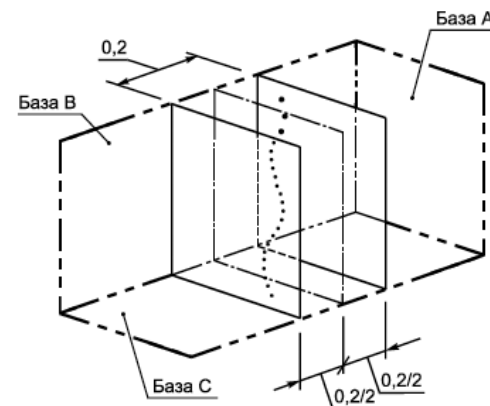
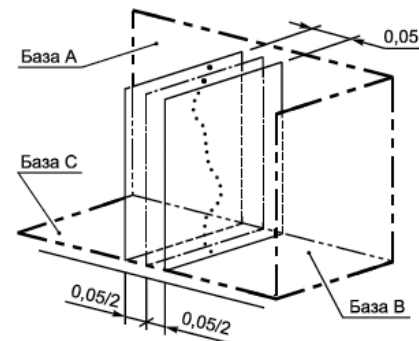
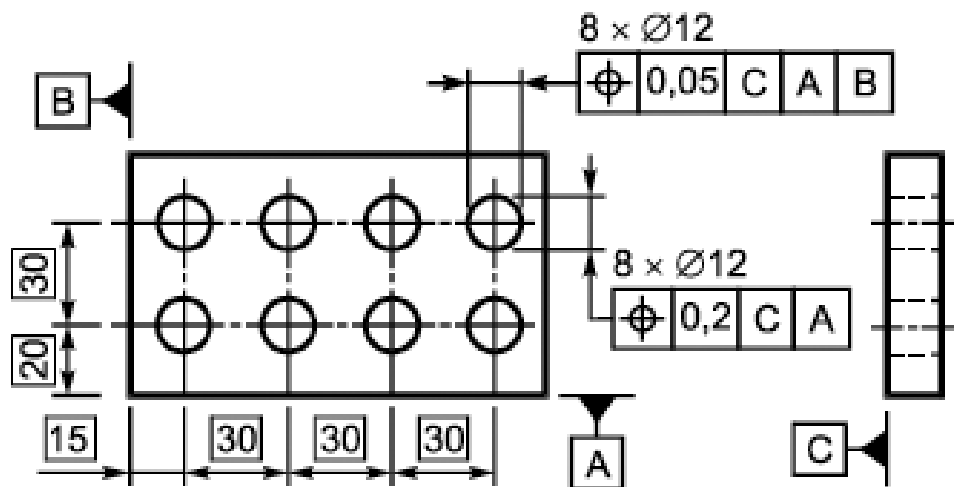
Месторасположение цилиндрических элементов сопрягаемых деталей обычно нормируется **многонаправленными позиционными допусками**. Это позволяет расширять поле допуска по сравнению с применением двунаправленных позиционных допусков, которые образуют квадратное или прямоугольное поле допуска. Выбор между многонаправленным и двунаправленным полями допусков определяется функциональным назначением элемента.

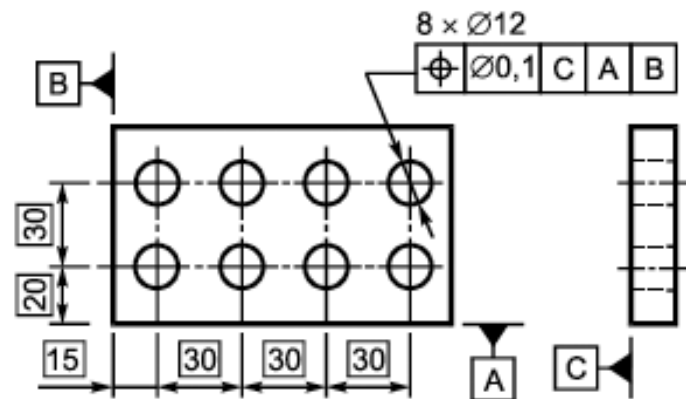
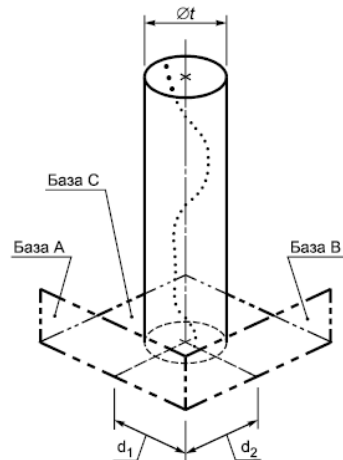
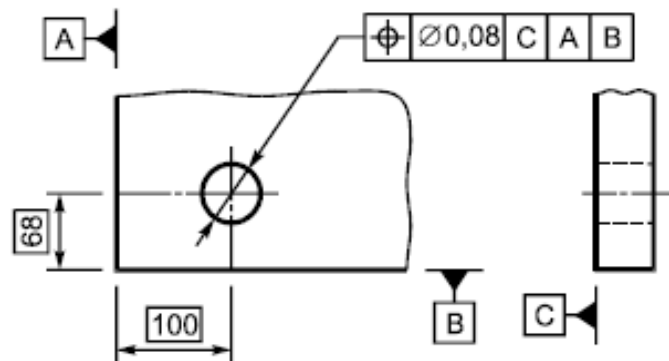
1 - на 57% большее поле

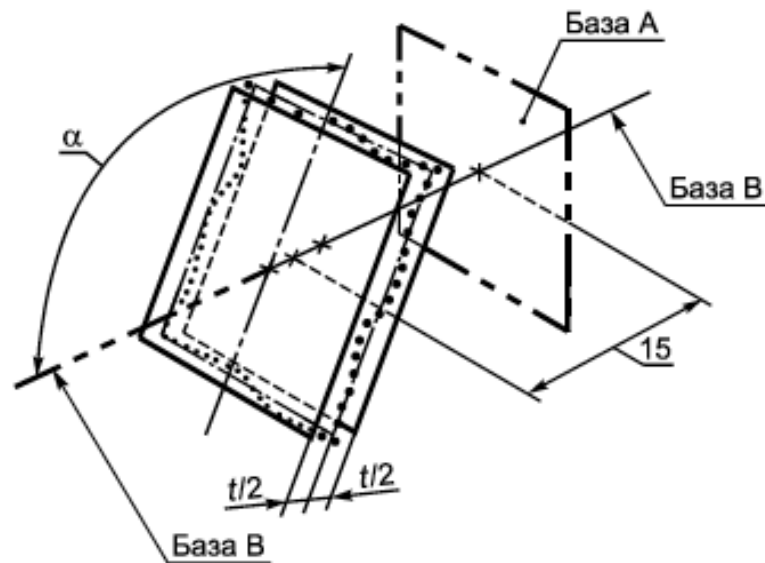
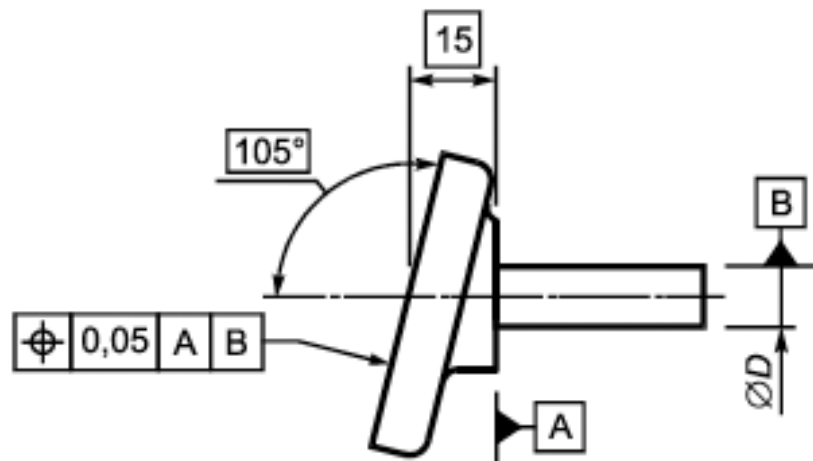


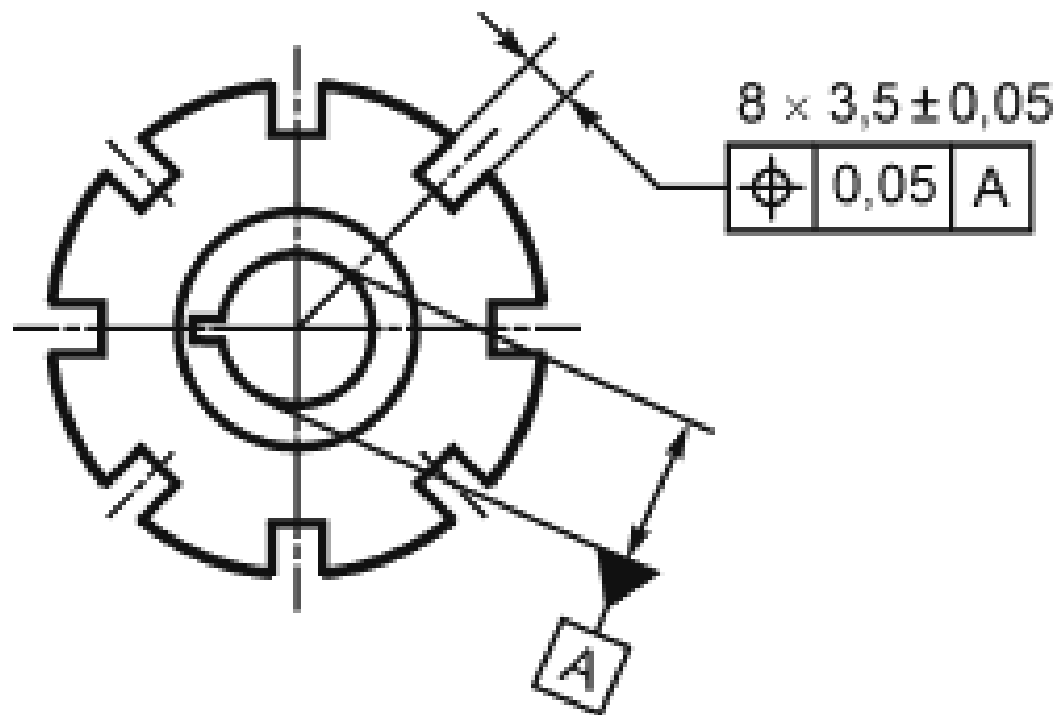




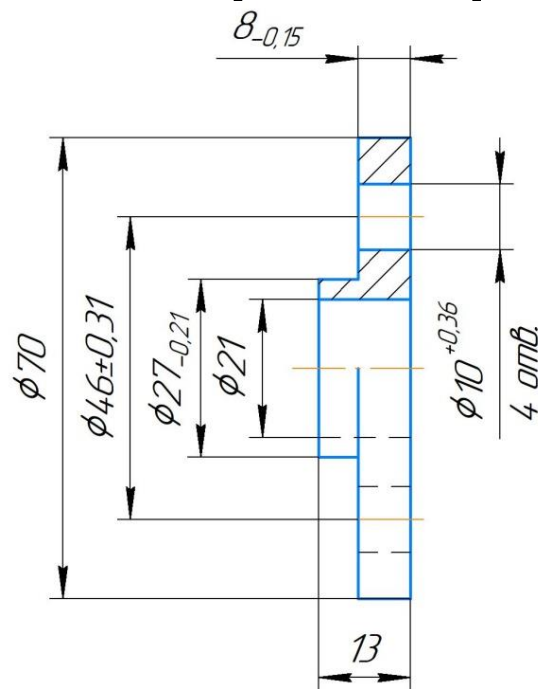






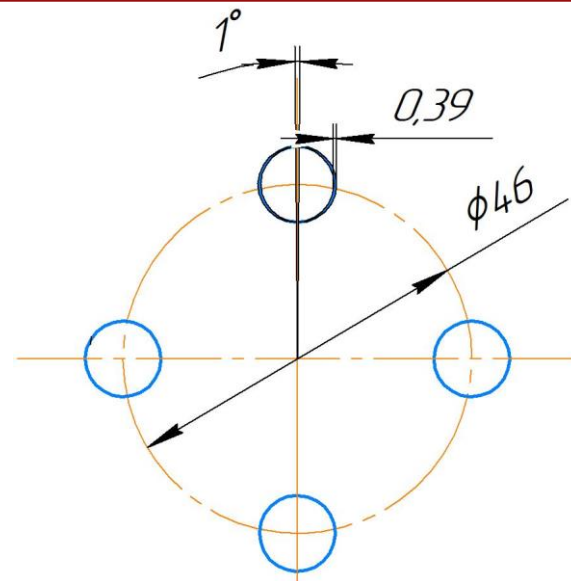
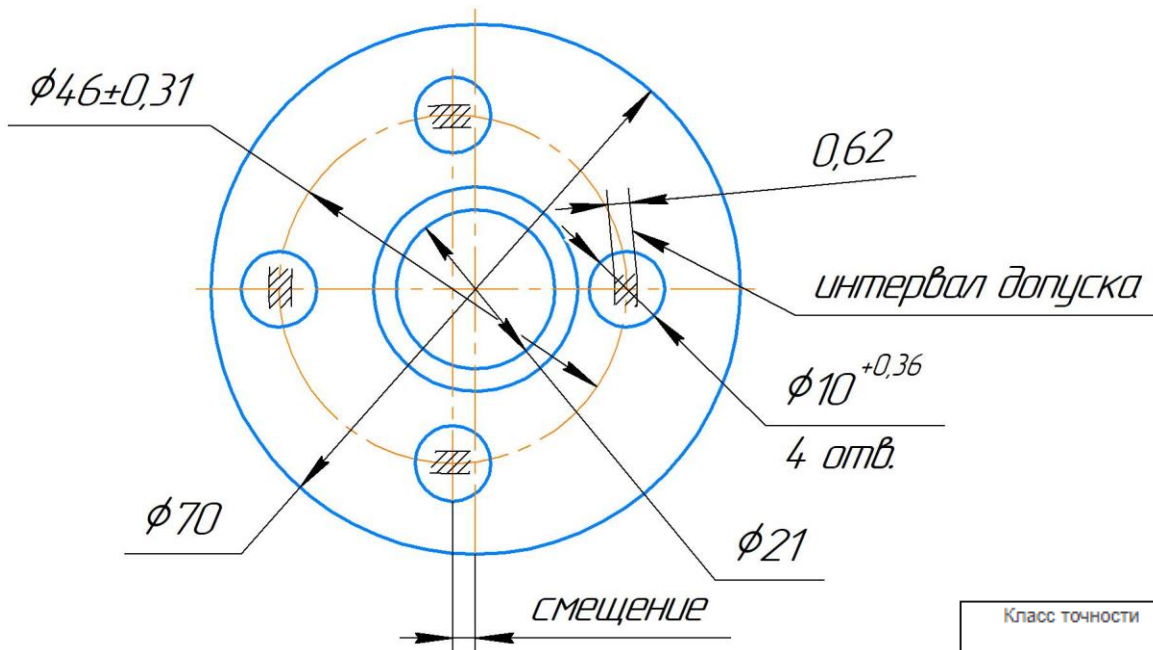


Пример

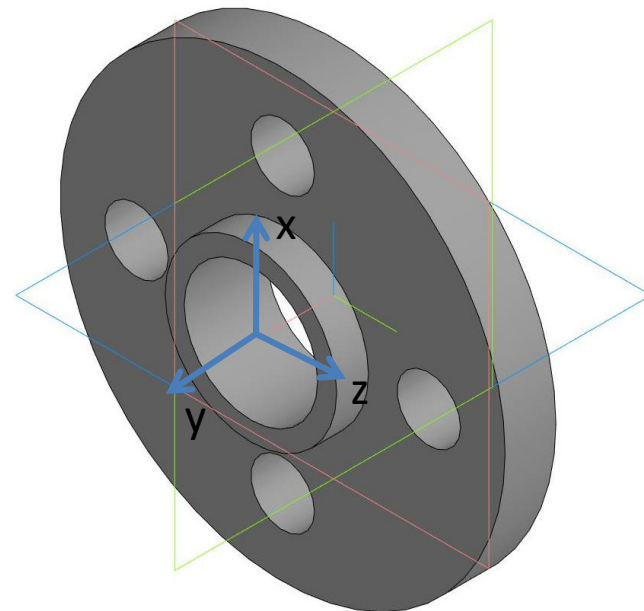
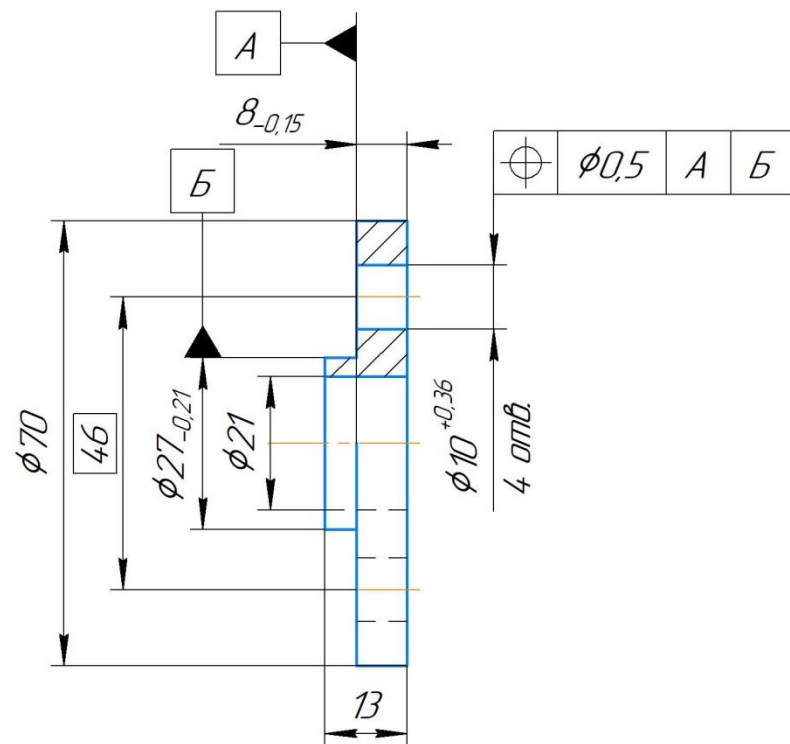


Общие допуски ГОСТ 30893.2-мк

Нормирование точности формы и расположения поверхностей



Класс точности	Предельные отклонения для номинальных длин меньшей стороны угла, мм				
	до 10	св. 10 до 50	св. 50 до 120	св. 120 до 400	св. 400
Точный ϵ	$\pm 1''$	$\pm 30'$	$\pm 20'$	$\pm 10'$	$\pm 5'$
Средний m	$\pm 4 \pm 30'$	$\pm 1'$	$\pm 30'$	$\pm 15'$	$\pm 10'$
Грубый c	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	$\pm 20'$



Общие допуски ГОСТ 30893.2-мк

3. Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей должны устанавливаться одним из способов:

- позиционными допусками осей отверстий;
- предельными отклонениями размеров, координирующих оси отверстий.

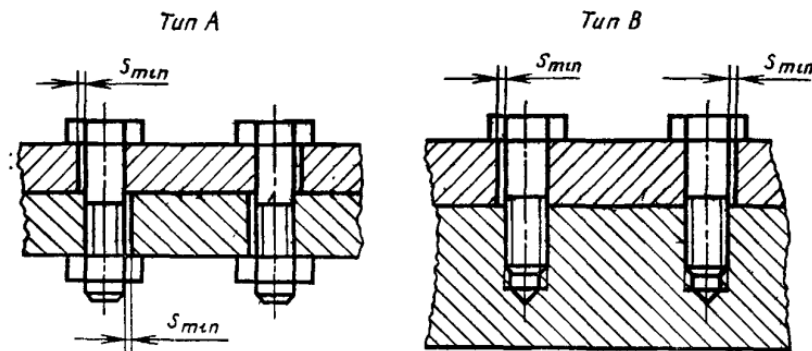
Для отверстий, образующих одну сборочную группу при числе элементов в группе более двух, предпочтительней назначать позиционные допуски их осей.

Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей назначают в зависимости от типа соединения крепежными деталями, зазора для прохода крепежных деталей и коэффициента использования этого зазора для компенсации отклонений расположения осей.

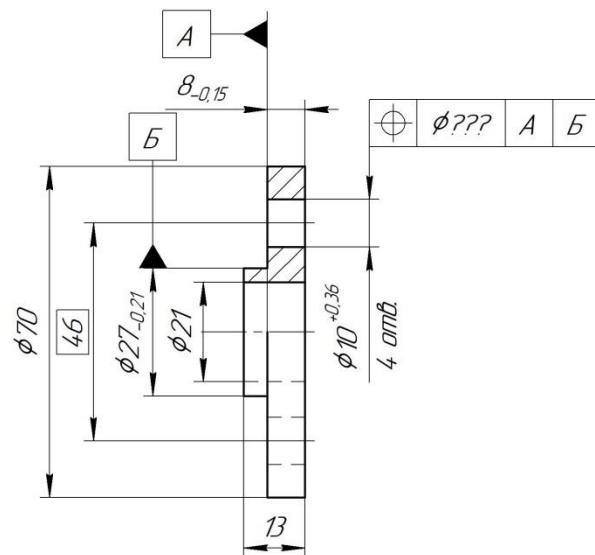
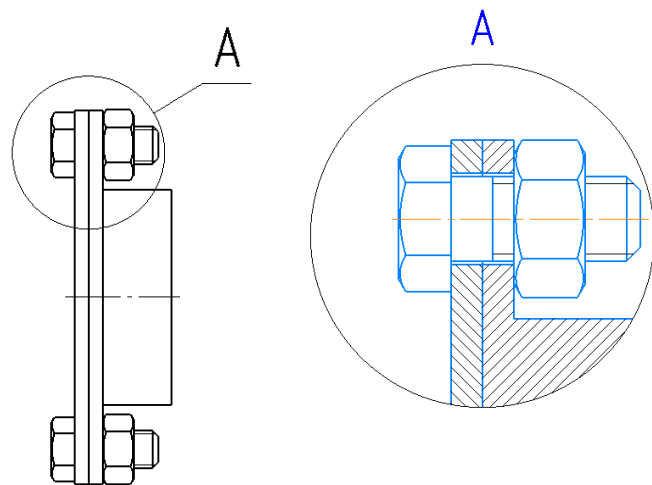
Соединения крепежными деталями подразделяются на типы А и В:

А - зазоры для прохода крепежных деталей предусмотрены в обеих соединяемых деталях, например, соединения болтами, заклепками;

В - зазоры для прохода крепежных деталей предусмотрены лишь в одной из соединяемых деталей. К типу В относятся, например, соединения винтами, шпильками.



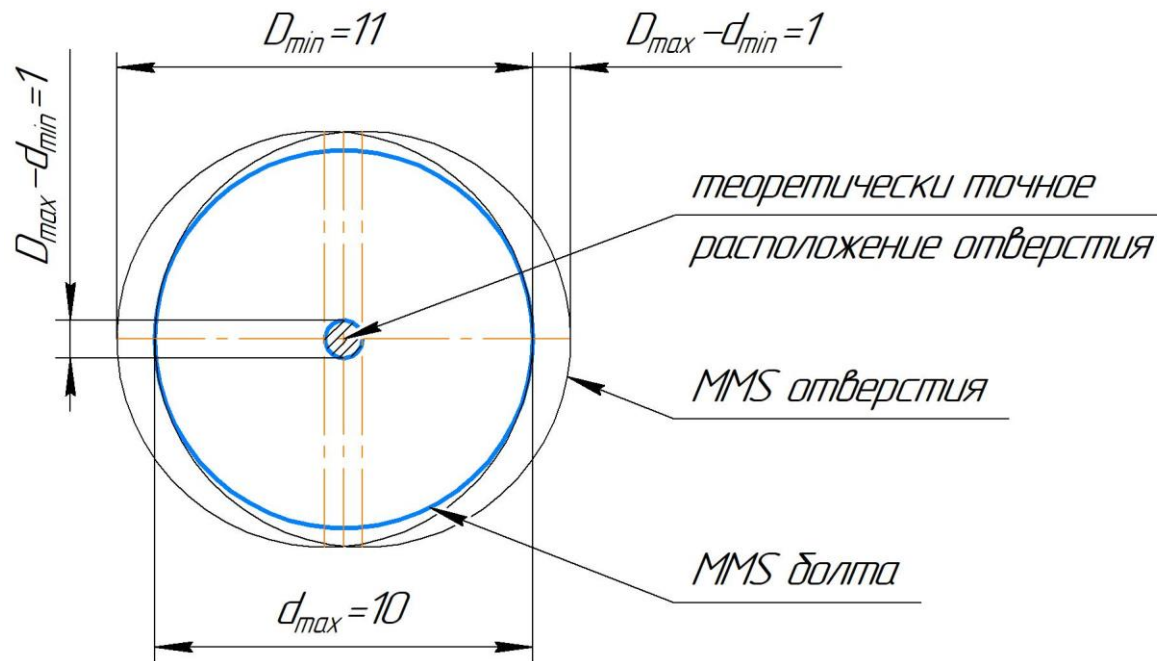
www.nstu.ru



Общие допуски ГОСТ 30893.2-тк

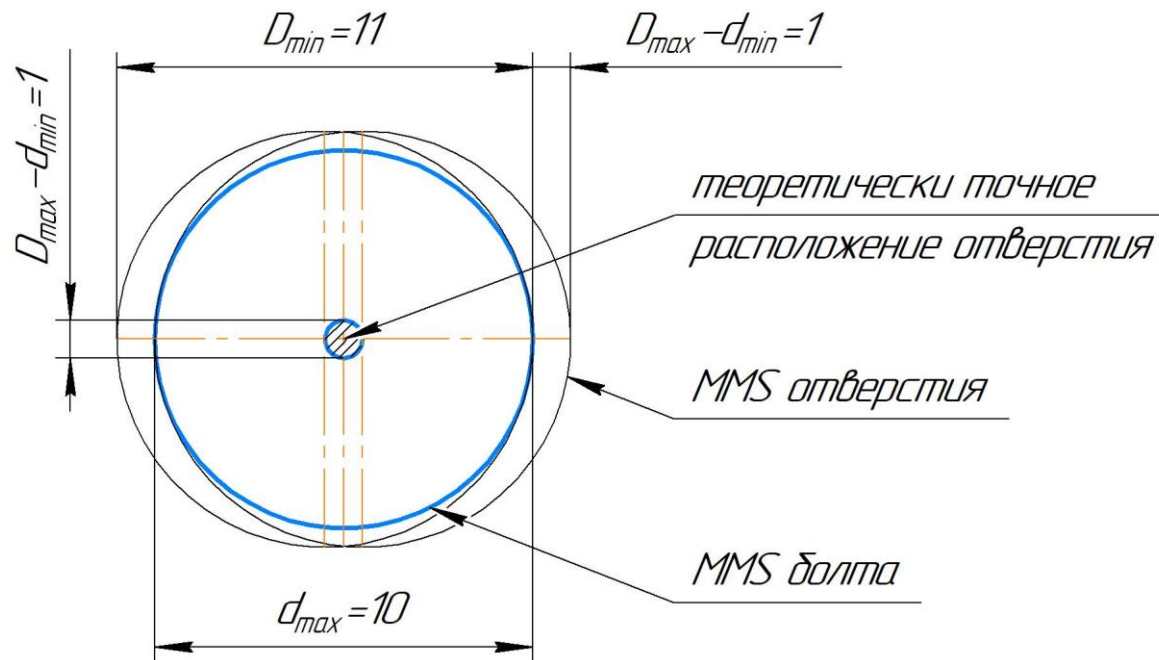
Исходные данные для расчета:

- Отверстия сопрягаемой детали (например, корпус) имеет тот же номинальный размер и допуск, что и у фланца, в нашем случае $\varnothing 11^{+0,62}$;
- Болт M10×1,5-6g × 30



Для отверстия MMS – это наименьший возможный диаметр отверстия D_{min} , в нашем случае 11 мм

Для болта MMS – это наибольший возможный диаметр болта d_{max} . Поле допуска болта 6g, поэтому его максимально возможный размер ($d + es$), где es – верхнее отклонение для наружного диаметра болта по ГОСТ 16093. В нашем случае имеем размер 9,968 мм, округлим его до 10 мм.

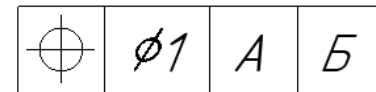


Чтобы болт прошел через отверстия сопрягаемых деталей максимальное отклонение оси отверстия не должно превышать

$$D_{max} - d_{min}$$

$$D_{max} - d_{min} = 11 - 10 = 1 \text{ мм}$$

Значит позиционный допуск



Рассчитанный позиционный допуск необходимо скорректировать в зависимости от используемого болта, так как болт имеет кривизну.

Согласно ГОСТ Р ИСО 4759-1-2009 (ISO 4759) допуск прямолинейности болта зависит от его длины и диаметра:

- для болта диаметром до 8 мм включительно допуск прямолинейности $t = 0,002 \cdot l + 0,05$, где l – длина болта;
- для болта диаметром свыше 8 мм допуск прямолинейности $t = 0,0025 \cdot l + 0,05$, где l – длина болта

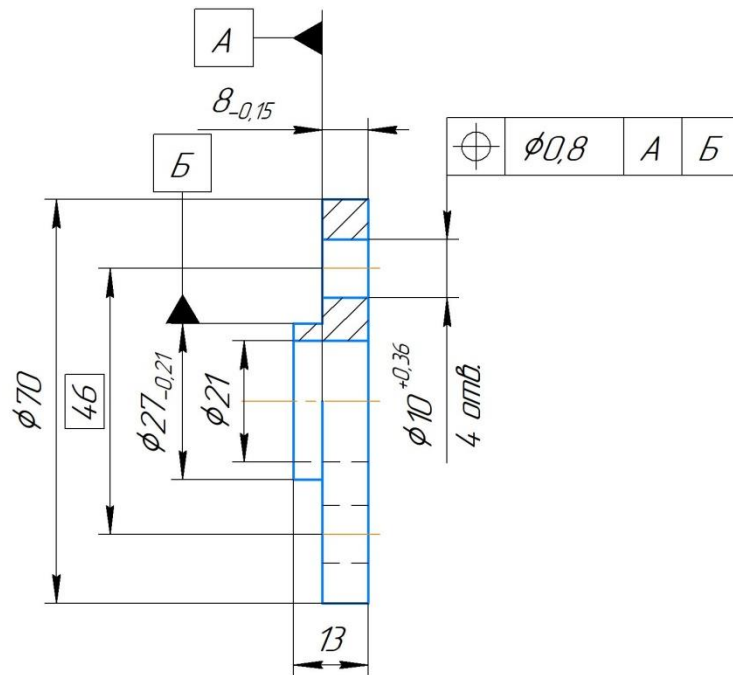
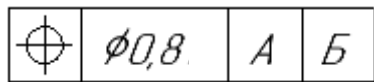
В нашем случае

$$t = 0,0025 \cdot 30 + 0,05 = 0,125 \text{ мм}$$

Округляем в большую сторону до 0,13 мм.

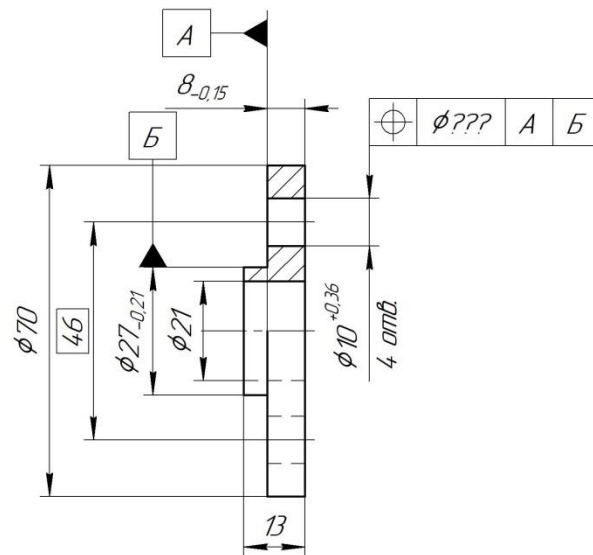
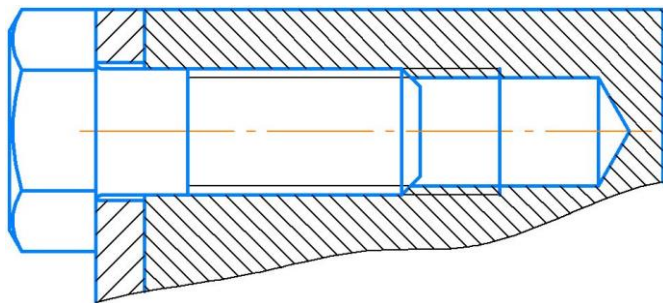
Результат расчета позиционного допуска

$$1 - 0,13 = 0,87 \text{ мм}$$



Общие допуски ГОСТ 30893.2-МК

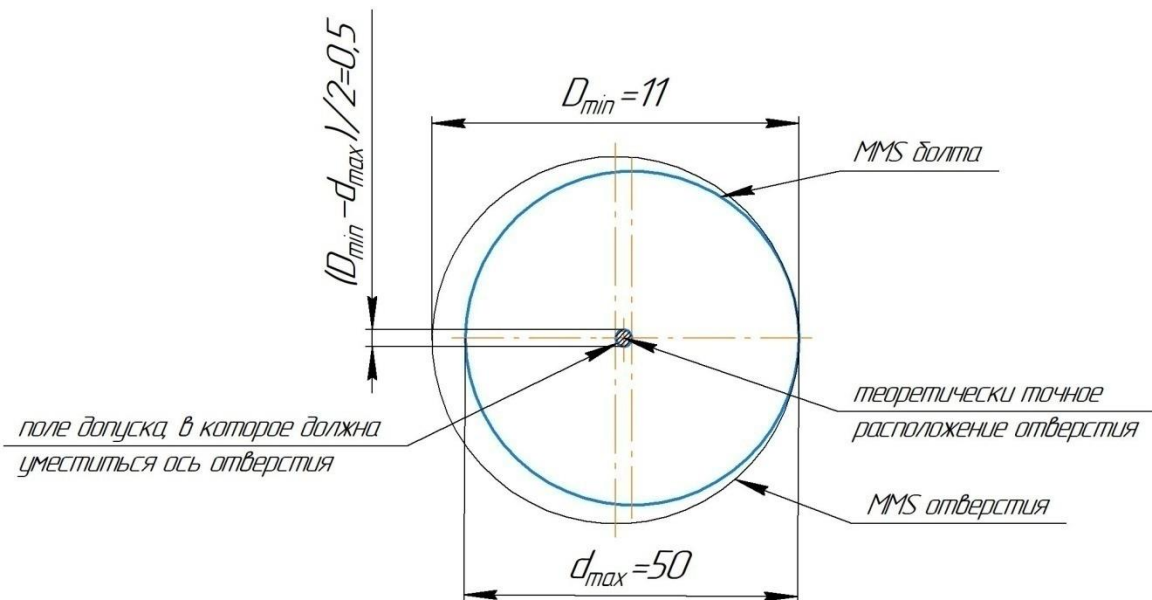
Теперь рассмотрим пример расчета позиционного допуска для соединения фланца с корпусом болтами в резьбовое отверстие.



Общие допуски ГОСТ 30893.2-мк

Исходные данные для расчета:

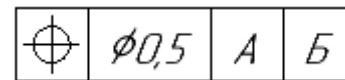
- Отверстия сопрягаемой детали (например, корпус) имеет размер $M10 \times 1,5-7H$;
- Болт $M10 \times 1,5-6g \times 30$



При наибольшем отклонении отверстия фланца влево, а отверстия корпуса вместе с болтом вправо, то максимальное расстояние между центрами этих отверстий будет равно

$$(D_{min} - d_{max})/2.$$

Это и есть искомое значение позиционного допуска отверстий



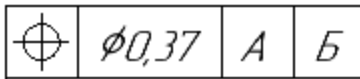
Из полученного значения следует также вычесть допуск прямолинейности болта и если значение получается слишком маленьким, то следует увеличить размер максимума материала отверстий.

$$t = 0,0025 \cdot 30 + 0,05 = 0,125 \text{ мм}$$

Округляем в большую сторону до 0,13 мм.

Результат расчета позиционного допуска

$$0,5 - 0,13 = 0,37 \text{ мм}$$



На практике позиционный допуск ниже 0,4 мм рабочим трудно разместить и выполнить это требование, поэтому при определенных уровнях производства необходимо увеличить размер максимума материала отверстия (MMS) и, как следствие, позиционного допуска хотя бы до 0,4 мм

Можно выбрать значения позиционных допусков воспользовавшись ГОСТ 14140-81 «Допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей». При этом в п.1.4 указано «1.4. Кроме метода расчета на максимум-минимум и основанных на этом методе таблиц, приведенных в настоящем приложении, можно применять другие методы расчета допусков расположения осей отверстий для крепежных деталей, в частности, с учетом вероятностных характеристик»