

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Оглавление .....	3
Введение .....	4
1. Основные понятия о точности геометрических параметров элементов деталей .....	7
2. Отклонения и допуски формы поверхностей .....	9
3. Отклонения и допуски расположения поверхностей .....	18
4. Суммарные отклонения, допуски формы и расположения поверхностей .....	27
5. Зависимые и независимые допуски .....	33
6. Обозначение допусков формы и расположения поверхностей на чертежах .....	42
6.1. Общие положения .....	42
6.2. Нанесение обозначений допусков на чертежах .....	44
6.3. Обозначение баз .....	49
6.4. Примеры указания допусков формы и расположения поверхностей на чертежах .....	54
7. Контрольные вопросы для самопроверки .....	64
Список использованных источников .....	69

## ВВЕДЕНИЕ

Главная задача современного машино- и приборостроения — обеспечить высокое качество выпускаемой продукции, отвечающей требованиям потребления и конкурентоспособности на мировом рынке.

В современной рыночной экономике производство высококачественной продукции повышает конкурентоспособность, возможность кредитования и инвестиций. Решение проблемы качества продукции способствует повышению эффективности производства, экономии материальных ресурсов, расширению экспортных возможностей.

*Основным показателем качества машин, достижение и обеспечение которого вызывает наибольшие трудности и затраты в процессе создания и особенно в процессе изготовления машин, является точность машины и ее деталей.*

Деталь (по ГОСТ 2.101) — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций. *Любая деталь, даже простейшей формы, состоит из совокупности нескольких элементов, сгруппированных определённым образом в одно целое.*

Элемент детали (по ГОСТ 24642) — обобщенный термин, под которым в зависимости от соответствующих условий может пониматься поверхность или ее часть, линия или точка. По назначению *элементы детали часто делят* на конструктивные и технологические.

*Конструктивные элементы* (буртик, лыска, ребро жесткости, резьба, отверстия, зубья шестерен, шпоночные пазы и т. д.) обеспечивают выполнение деталию её служебного назначения, т.е. её рабочих функций.

*Технологические элементы* обеспечивают удобство изготовления детали (например, центровые отверстия при обработке) и её сборки с другими деталями (фаски, проточки) или связаны с особенностями изготовления детали (литейные скругления и уклоны для литых деталей) и её элементов (сбеги и недорезы резьб, канавки для свободного выхода инструмента и т. д.).

Известно, что *точность деталей характеризуется* не только *точностью размеров ее элементов, но и точностью их геометрии*.

*ческих характеристик (форма, расположение) поверхностей. В процессе изготовления деталей не только ее размеры, но и форма и расположение ограничивающих поверхностей не могут быть выполнены идеально, т. к. всегда возникают отклонения в виде погрешностей или искажений.*

*Источниками искажений обычно являются: погрешности станка, неточности и износ инструмента, температурные и упругие деформации заготовок во время обработки, неравномерности величины припуска на обработку, неодинаковой твердости заготовки и др.*

Искажения поверхностей очень нежелательны, т. к. в процессе эксплуатации детали по этим причинам возникают ее интенсивный износ, неопределенность базирования, изменение характера посадки, быстрый выход из строя сопряженных поверхностей и узлов, например, подшипников качения.

*Искажения поверхностей вызывает много трудностей и в процессе изготовления детали: снижаются точность измерения и контроля размеров, а также точность базирования детали в приспособлениях, увеличивается трудоемкость изготовления и сборки, а иногда становится необходимой и пригонка.*

Изложенное вызывает необходимость ввести отдельное нормирование допусковых искажений поверхностей, т.е. необходимо задавать (регламентировать) определенные допуски на отклонения формы и расположения поверхностей элементов деталей.

Ограничение размеров и геометрии элементов на чертеже должно быть правильным, полным и пониматься однозначно: не должно быть разночтений и произвольного толкования требований при изготовлении и контроле деталей.

Грамотное использование допусков формы и расположения поверхностей создает реальные предпосылки для повышения точности и качества деталей.

*С этой целью в настоящем пособии сделана попытка объединить разрозненные данные, изложенные в различных стандартах и учебной литературе, выделить и подробно рассмотреть наиболее важные положения нормирования точности формы и расположения поверхностей.*

*Материалы могут быть использованы студентами и преподавателями на лекциях, практических и лабораторных занятиях по*

дисциплинам «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения», «Метрология, стандартизация и сертификация», а также при курсовом и дипломном проектировании.

*В работе использованы* понятия, термины, определения, сокращения, условные обозначения (символы) и форма их записи, принятые в действующих стандартах Российской Федерации.

# 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕТАЛЕЙ

При анализе точности геометрических параметров элементов деталей по ГОСТ 24642 оперируют следующими основными понятиями.

*Номинальная форма* — идеальная форма элемента, которая задана чертежом или другими техническими документами.

*Номинальная поверхность* — идеальная поверхность, размеры и форма которой соответствуют заданным номинальным размерам и номинальной форме по чертежу детали (рис. 1).

*Реальная поверхность* (по ГОСТ 25142) — поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды (рис. 1).

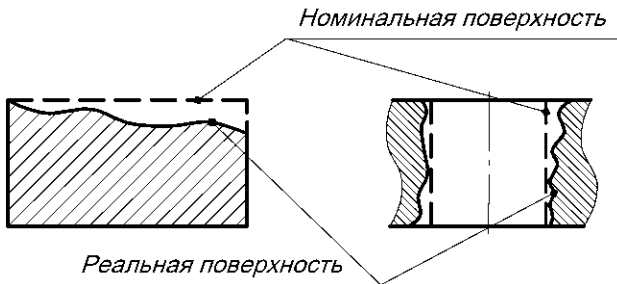


Рис. 1 — Номинальные и реальные поверхности

*Профиль поверхности* (по ГОСТ 25142) — линия пересечения поверхности с плоскостью.

Различают понятия *реальный профиль* (пересечение реальной поверхности) и *номинальный профиль* (пересечение номинальной поверхности).

*В основу нормирования* и количественной оценки отклонений формы и расположения поверхностей *положен принцип прилегающих поверхностей*.

*Прилегающая поверхность* — поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали 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.

*Нормируемый участок  $L$*  — участок поверхности или линии, к которому относятся допуск формы, допуск расположения или соответствующие отклонения.

*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 расположение в пределах всего элемента.

## 2. ОТКЛОНЕНИЯ И ДОПУСКИ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ

подавляющее большинство элементов деталей машин представляет собой сочетание простейших геометрических поверхностей. В основном это цилиндрические (~70 %) и плоские (~12 %) поверхности, значительно реже — конические, сферические, резьбовые и др.

Получить идеальную форму поверхностей в процессе изготовления деталей невозможно из-за погрешностей станка, деформаций станка, инструмента и обрабатываемой детали, неравномерности припуска на обработку, неоднородности материала и т. д.

В то же время искажение формы поверхностей приводит к снижению эксплуатационных свойств деталей машин.

Так, в подвижных соединениях отклонение от правильной формы приводит к неплавности перемещений детали, быстрому её износу из-за контакта по ограниченной поверхности.

В неподвижных соединениях искажение формы приводит к неравномерности натягов в соединениях, из-за чего снижается их прочность, герметичность и точность центрирования.

Все сказанное вызвало необходимость ввести отдельное нормирование (установить требования) по допускаемым искажениям формы, и этот параметр получил название отклонение формы.

Отклонение формы  $EF$  (по ГОСТ 24642) — отклонение реальной формы поверхности (профиля), полученное при обработке, от номинальной формы поверхности (профиля).

Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием  $EF$  от реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности по нормали к последней.

Допуск формы  $TF$  (по ГОСТ 24642) — это наибольшее допускаемое значение отклонения формы  $EF$ , т.е.  $TF \geq EF$ .

Основными видами прилегающих поверхностей и профилей по ГОСТ 24642 являются: прилегающая плоскость, прилегающая прямая, прилегающий цилиндр, прилегающая окружность и прилегающий профиль.

1) *Прилегающая плоскость* — плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью вне материала детали и расположенная

по отношению к реальной поверхности таким образом, что расстояние  $EFE$  от ее наиболее удаленной поверхности до прилегающей плоскости является наименьшим (рис. 2).

2) *Прилегающая прямая* — прямая, соприкасающаяся с реальным профилем вне материала детали и расположенная по отношению к реальному профилю таким образом, что расстояние  $EFL$  от его наиболее удаленной точки до прилегающей прямой является наименьшим (рис. 3).

3) *Прилегающий цилиндр* — цилиндр наибольшего возможного диаметра, вписанный в реальную поверхность (для отверстия), или цилиндр наименьшего возможного диаметра, описанный вокруг реальной поверхности (для вала) (рис. 4).

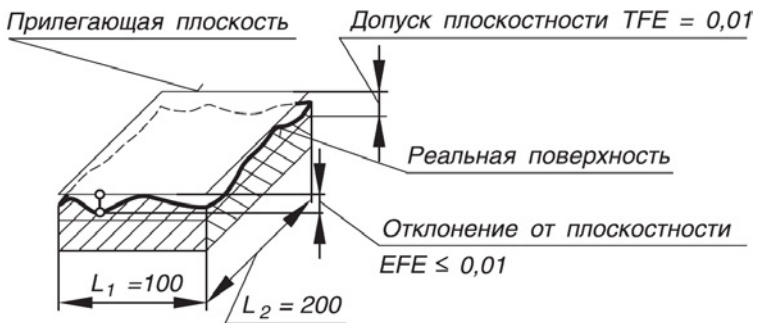


Рис. 2 — Прилегающая плоскость и отклонение от плоскостности

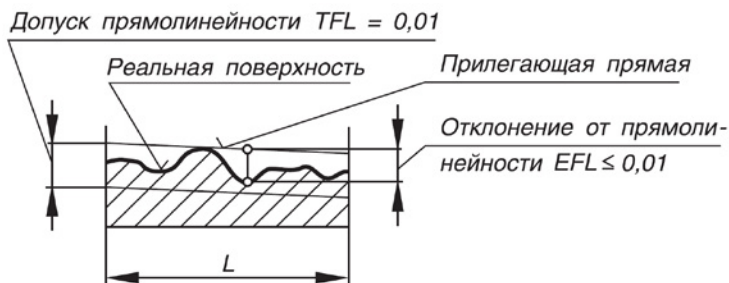


Рис. 3 — Прилегающая прямая и отклонение от прямолинейности





Рис. 4 — Прилегающий цилиндр и отклонение от цилиндричности

4) *Прилегающая окружность* — окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения или максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения (рис. 5).

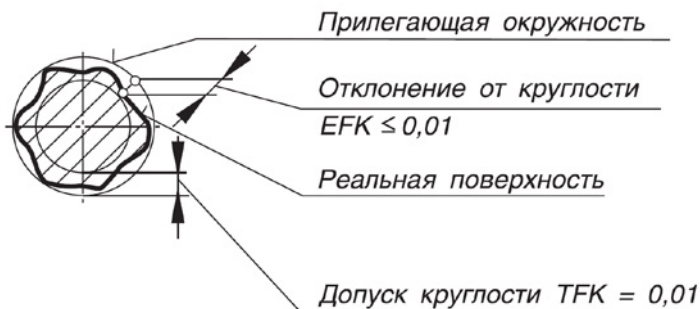


Рис. 5 — Прилегающая окружность и отклонение от цилиндричности

5) *Прилегающий профиль продольного сечения* — две параллельные прямые, соприкасающиеся с реальным профилем осевого (продольного) сечения цилиндрической поверхности и расположенные вне материала детали так, чтобы наибольшее отклонение  $EFP$  точек реального профиля от соответствующей стороны прилегающего профиля продольного сечения в пределах нормируемого участка имело минимальное значение (рис. 6).

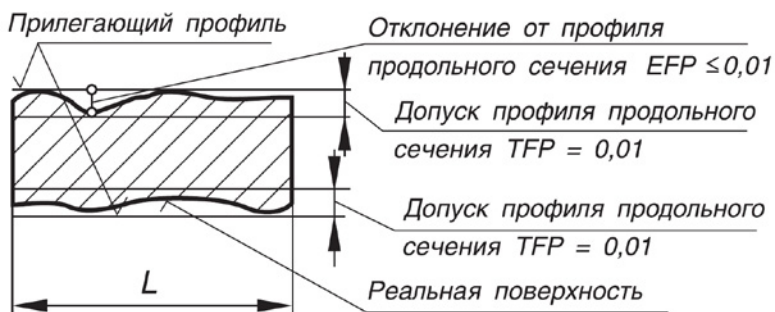


Рис. 6 — Прилегающий профиль и отклонение от профиля продольного сечения

Во всем мире принято нормировать следующие пять видов отклонений формы (по ГОСТ 24642):

а) для плоских поверхностей — это отклонение от плоскостности и отклонение от прямолинейности:

- отклонение от плоскостности — наибольшее расстояние  $EFE$  от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка (рис. 2);
- отклонение от прямолинейности — наибольшее расстояние  $EFL$  от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка (рис. 3);

б) для цилиндрических поверхностей — это отклонение от цилиндричности, отклонение от круглости и отклонение профиля продольного сечения:

- отклонение от цилиндричности — наибольшее расстояние  $EFZ$  от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка (рис. 4);
- отклонение от круглости — наибольшее расстояние  $EFK$  от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис. 5);
- отклонение профиля продольного сечения — наибольшее расстояние  $EFP$  от точек реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка (рис. 6).

Необходимо обратить внимание на правильное использование терминов.

Раньше перечисленные виды отклонений назывались с приставкой «не», т. е. «неплоскостность», «непрямолинейность» и т. д.

Сейчас термины с «не» употреблять нельзя, а везде необходимо использовать термин «отклонение».

Виды отклонений и допусков формы, их обозначение и изображение на чертежах в виде условных знаков (символов) приведены в *табл. 1*.

*Таблица 1* — Виды, обозначения и условные знаки отклонений и допусков формы поверхностей

Виды и обозначения по ГОСТ 24642		Условный знак на чертеже по ГОСТ 2.308
отклонений формы поверхностей	допусков формы поверхностей	
Для плоских поверхностей		
Отклонение от плоскостности <i>EFE</i>	Допуск плоскостности <i>TFE</i>	
Отклонение от прямолинейности <i>EFL</i>	Допуск прямолинейности <i>TFL</i>	
Для цилиндрических поверхностей		
Отклонение от цилиндричности <i>EFZ</i>	Допуск цилиндричности <i>TFZ</i>	
Отклонение от круглости <i>EFK</i>	Допуск круглости <i>TFK</i>	
Отклонение профиля продольного сечения <i>EFP</i>	Допуск профиля продольного сечения <i>TFP</i>	

Кроме того, по ГОСТ 24642 отклонения формы делят на комплексные и частные. Все рассмотренные выше отклонения формы *EF* и соответствующие им допуски *TF*, представленные в *табл. 1*,

относятся к комплексным, они используются для характеристики работы детали в условиях эксплуатации.

Комплексные показатели отклонений задаются чертежами или нормативными документами, но не всегда обеспечены средствами измерений (например, отклонение от цилиндричности или отклонение профиля продольного сечения). На практике, однако, ими пользуются редко, т. к. в производственных условиях сложно установить их величину, а главное, отклонение позволяет оценить лишь работоспособность детали и не дает никакой информации о причинах брака, что затрудняет корректировку технологического процесса с целью повышения качества продукции.

Частные показатели отклонений формы — это отклонения определенной геометрической формы (например, выпуклость, вогнутость, овальность и т.п.).

*Необходимо усвоить*, что это не другие виды отклонений формы, помимо перечисленных в *табл. 1*, а частные проявления комплексного показателя.

Частные показатели отклонений формы обычно проще измерять и они обеспечены необходимыми методами и средствами измерения и поэтому более доступны для практического использования, чем комплексные.

*Частные показатели отклонений формы не имеют своего условного обозначения, но такие требования должны указываться на чертеже текстом, если они важны для эксплуатационных условий работы детали.*

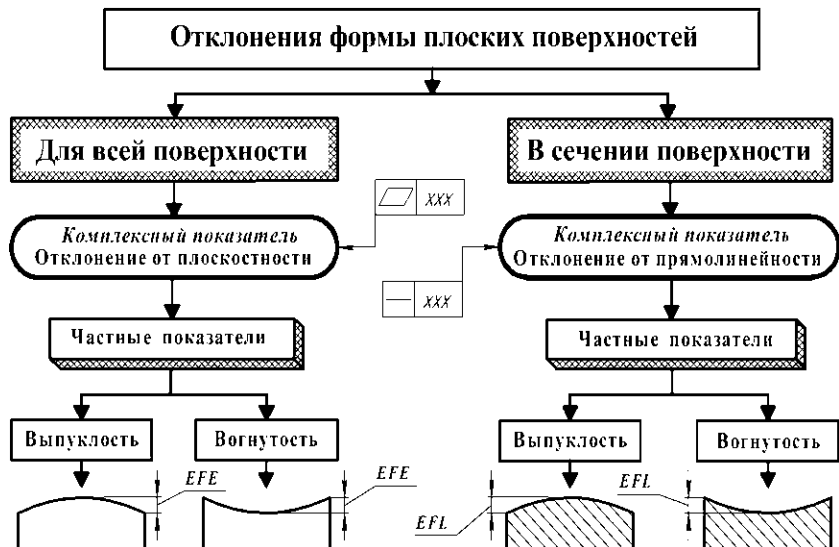
Например, «Допуск овальности поверхности  $A$  0,02 мм». При этом допуски для частных видов отклонений принимаются как по нормам комплексных показателей, поскольку это и есть отклонение от цилиндричности, но имеет характерный (частный) вид.

Частными показателями отклонений формы являются:

а) для плоских поверхностей — это выпуклость и вогнутость (*рис. 7*).

*Выпуклость*, когда удаление точек реальной поверхности (профиля) от прилегающей плоскости (прямой) уменьшается от краев к середине, как это представлено на *рис. 7*, где *EFE (EFL)* — частное отклонение от плоскостности (от прямолинейности).

*Вогнутость*, когда удаление точек реальной поверхности (профиля) от прилегающей плоскости (прямой) увеличивается от краев к середине, как это представлено на *рис. 7*, где *EFE* (*EFL*) — частное отклонение от плоскостности (от прямолинейности).



*Рис. 7* — Отклонения формы плоских поверхностей

б) для цилиндрических поверхностей частные отклонения формы — это овальность, огранка, конусообразность, бочкообразность и седлообразность (*рис. 8*).

*Овальность* — это частное отклонение *EFK* от круглости, при котором реальный профиль представляет собой фигуру в форме овала, наибольший и наименьший диаметр которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях (*рис. 8*).

*Причины появления овальности:* овальность заготовок, овальность опорных поверхностей шпинделя станка, упругие деформации заготовок при закреплении их на станке и др.

*Огранка* — это частное отклонение *EFK* от круглости, при котором реальный профиль детали представляет собой многогранную фигуру (*рис. 8*). Огранка подразделяется по числу граней.



Рис. 8 — Отклонения формы цилиндрических поверхностей

*Основные причины появления огранки:*

- деформация заготовки от сил закрепления ее в патроне станка;
- проскальзывание заготовки в процессе бесцентрового шлифования.

*Конусообразность* — это частное отклонение *EFP* профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (рис. 8).

*Конусообразность* появляется из-за отклонений от параллельности направляющих станка и линии центров в горизонтальной плоскости, извернутости направляющих, износа инструмента при обработке длинных валов, отжима заготовки под действием сил резания при консольном ее закреплении и др.

*Бочкообразность* — это частное отклонение *EFP* профиля продольного сечения, при котором образующие имеют выпуклость, а диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рис. 8).

*Бочкообразность* появляется из-за деформаций нежесткой заготовки при обработке ее в центрах, извернутости направляющих и др.

*Седлообразность* — это частное отклонение *ЕFP* профиля продольного сечения, при котором образующие имеют вогнутость, а диаметры уменьшаются от краев к середине сечения (рис. 8).

*Седлообразность* появляется из-за отклонений от параллельности направляющих станка и линии центров в вертикальной плоскости, деформаций узлов станка от сил резания, отклонений от соосности центров в вертикальной плоскости и др.

*Величину* всех видов частных показателей отклонений формы цилиндрических поверхностей находят по одной общей формуле как полуразность максимального  $d_{\max}$  и минимального  $d_{\min}$  диаметров (рис. 8), т. е.

$$EFK(EFP) = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}.$$

Рассмотренные частные показатели цилиндрических поверхностей легко выявляются при измерении диаметра детали в нескольких сечениях по длине — обычно в трёх поперечных (в середине и вблизи от краев нормируемого участка) и двух взаимно перпендикулярных продольных (осевых) сечениях.

*Наибольшее допускаемое значение* отклонения формы называют допуском формы *TF*.

Допуски формы назначают и обозначают на чертежах только в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска размера  $T_r$ , т. е.

$$TF < T_r.$$

Если на чертеже не указано требование для отклонений формы, то подразумевается, что это отклонение может быть в пределах поля допуска размера  $T_r$ .

### 3. ОТКЛОНЕНИЯ И ДОПУСКИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Отклонение расположения EP* — отклонение реального расположения рассматриваемого элемента детали от его номинального расположения, определяемого номинальными линейными и угловыми размерами по чертежу детали.

Для оценки точности расположения поверхностей, как правило, назначают базы.

*База* — элемент детали, по отношению к которому задается допуск расположения рассматриваемого элемента, а также определяется соответствующее отклонение.

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

*Поле допуска расположения* — область в пространстве или заданной плоскости, внутри которой должен находиться прилегающий элемент или ось, центр, плоскость симметрии в пределах нормируемого участка, ширина или диаметр которой определяется значением допуска, а расположение относительно баз — номинальным расположением рассматриваемого элемента.

*При оценке отклонений расположения поверхностей отклонения формы не учитываются, для чего реальные поверхности заменяются прилегающими.*

Виды отклонений и допусков расположения, их обозначение и изображение на чертежах в виде условных знаков (символов) приведены в табл. 2.

По ГОСТ 24642 основными видами отклонений расположения являются:

1) Отклонение от параллельности *EPA* (*плоскостей, прямых в плоскости, осей поверхностей вращения, оси вращения и плоскостями*) — разность наибольшего и наименьшего расстояний между рассматриваемым элементом и базой в пределах нормируемого участка (рис. 9).

Допуск параллельности *TPA* — наибольшее допускаемое значение отклонения от параллельности.



Таблица 2 — Виды, обозначения и условные знаки отклонений и допусков расположения поверхностей

Виды и обозначения по ГОСТ 24642		Условный знак на чертеже по ГОСТ 2.308
отклонений расположения	допусков расположения	
От параллельности <i>EPA</i>	Параллельности <i>TPA</i>	//
От перпендикулярности <i>EPR</i>	Перпендикулярности <i>TPR</i>	⊥
Наклона <i>EPN</i>	Наклона <i>TPN</i>	∠
От соосности <i>EPC</i>	Соосности <i>TPC</i>	⊙
От пересечения осей <i>EPX</i>	Пересечения осей <i>TPX</i>	×
От симметричности <i>EPS</i>	Симметричности <i>TPS</i>	≡
Позиционное отклонение <i>EPP</i>	Позиционный допуск <i>TPP</i>	⊕

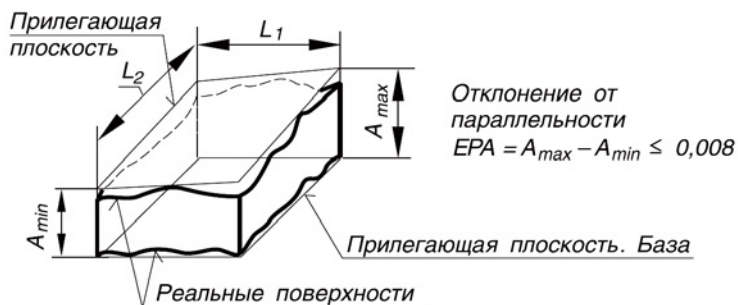


Рис. 9 — Отклонение от параллельности

2) Отклонение от перпендикулярности *EPR* (плоскостей, осей или оси и плоскости) — отклонение угла между рассматриваемым элементом и базой от прямого угла ( $90^\circ$ ), выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка (рис. 10).

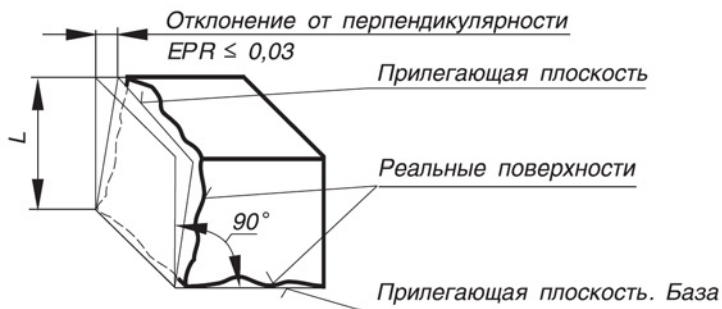


Рис. 10 — Отклонение от перпендикулярности

Допуск перпендикулярности  $TPR$  — наибольшее допускаемое значение отклонения от перпендикулярности.

3) Отклонение наклона  $EPN$  (плоскостей, оси и плоскости или осей) — отклонение угла между рассматриваемым элементом и базой от номинального угла в линейных единицах на длине нормируемого участка (рис. 11).

Допуск наклона  $TPN$  — наибольшее допускаемое значение отклонения наклона.

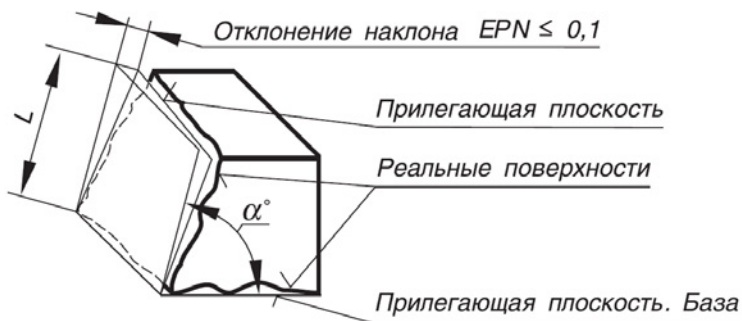


Рис. 11 — Отклонение наклона

4) Отклонение от соосности  $EPS$  — наибольшее расстояние между осью рассматриваемой поверхности вращения и базой (осью базовой поверхности или общей осью двух или нескольких поверхностей) на длине нормируемого участка (рис. 12).

Допуск соосности  $TPC$  — наибольшее допускаемое значение отклонения от соосности.

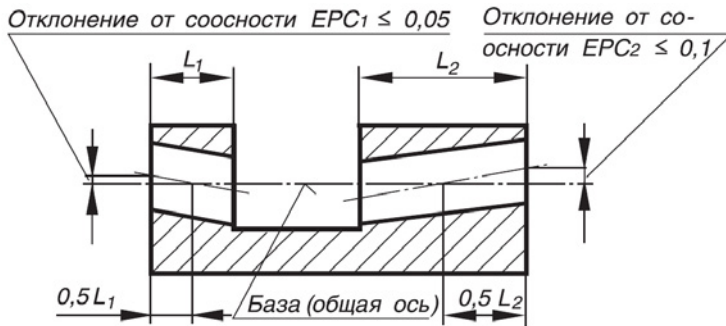


Рис. 12 — Отклонение от соосности

5) Отклонение от пересечения осей  $EPX$  — наименьшее расстояние между номинально пересекающимися осями (рис. 13).

Допуск пересечения осей  $TPX$  — наибольшее допускаемое значение отклонения от пересечения осей.

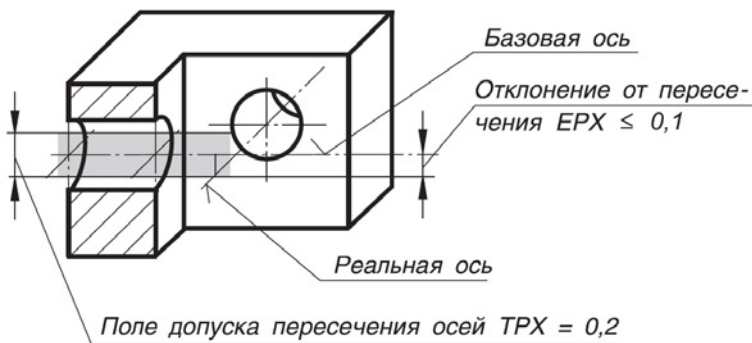


Рис. 13 — Отклонение от пересечения осей

6) Отклонение от симметричности  $EPS$  — наибольшее расстояние между плоскостью симметрии (осью) рассматриваемого элемента (элементов) и базой (плоскостью симметрии базового элемента, осью или общей плоскостью симметрии двух или нескольких элементов) в пределах нормируемого участка (рис. 14).

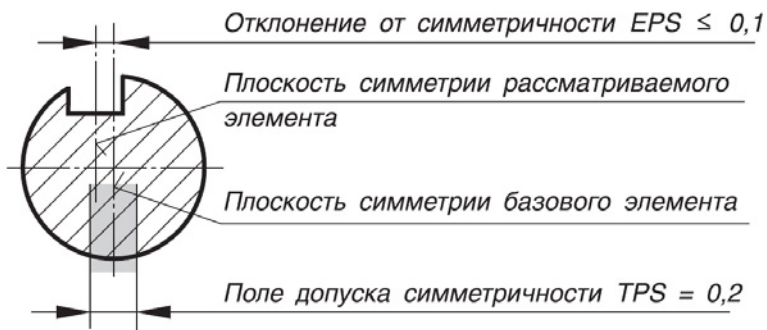


Рис. 14 — Отклонение от симметричности

Допуск симметричности  $TPS$  — наибольшее допускаемое значение отклонения от симметричности.

7) **Позиционное отклонение  $EPP$**  — наибольшее расстояние между реальным расположением рассматриваемого элемента и его номинальным расположением в пределах нормируемого участка (рис. 15).

Раньше (по ГОСТ 2.308) понятию позиционного допуска соответствовал термин «смещение от номинального расположения».

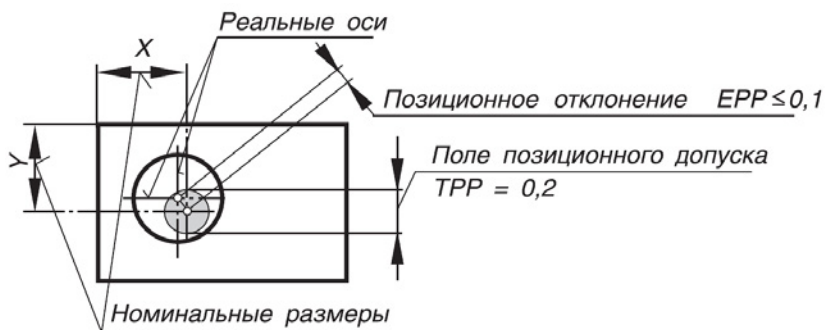


Рис. 15 — Позиционное отклонение

**Позиционный допуск  $TRP$**  — наибольшее допускаемое значение позиционного отклонения.

Позиционные допуски чаще всего применяют для нормирования точности расположения «скрытого» (воображаемого, виртуального) элемента — его центра, оси или плоскости симметрии. Например, нормирование расположения осей отверстий под крепежные детали и др.

Наряду с ГОСТ 24643 позиционные допуски расположения осей отверстий для крепежных деталей регламентируются ГОСТ 14140.

Этот стандарт распространяется на детали машин и приборов, которые соединяются болтами, винтами, шпильками и другими крепежными деталями и у которых оси отверстий для крепежных деталей расположены параллельно, и устанавливает допуски расположения осей сквозных гладких и резьбовых отверстий для крепежных деталей.

Точность позиционного расположения элементов на чертеже может быть задана двумя способами:

1) указанием предельных отклонений координирующих размеров (например, показанных на рисунке 16 размеров  $X$  и  $Y$  без указания позиционного допуска);

2) указанием позиционного допуска элемента (его центра, оси или плоскости симметрии), например, как представлено на рис. 16.

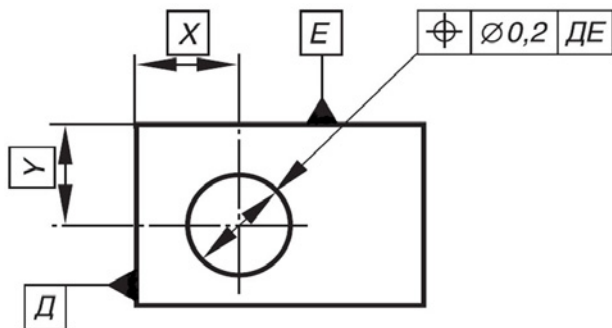


Рис. 16 — Указание на чертеже позиционного допуска

Второй способ нормирования — указанием позиционного допуска, является предпочтительным, т. к. позволяет ограничить

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)