

Тема 2.1 Взаимозаменяемость деталей, узлов и механизмов**План**

1. Структурная модель детали
2. Основные понятия о взаимозаменяемости деталей узлов и механизмов
3. Понятия о точности и погрешности размера
4. Размеры, предельные отклонения, допуски и посадки
- 5. Взаимозаменяемость деталей по форме и взаимному расположению поверхностей**
6. Волнистость и шероховатость поверхности

Основная литература

1. Зайцев С.А. Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении / Зайцев С.А., Толстов А.Н. Грибанов Д.Д., Куранов А.Д. : учебник для СПО.- 3-е издание. - М: Издательский центр Академия, 2019.-288с.
2. Иванов И.А., Урушев С.В., Воробьев А.А., Кононов Д.П. Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте: учебник для СПО.- :Издательский центр «Академия», 2017.-336с.
3. Ильяков А.И. Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении/ Ильяков А.И., Марсов Н.Ю., Гутюм Л.В.: Практикум: учебное пособие для студентов Учреждений СПО.- М: Издательский центр Академия, 2017,-160с.

Дополнительная литература

1. Никифоров Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие – 3-е изд.испр.-М: Высшая школа, 2010.-422с;
2. Сергеев А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация учебник – М: Издательский центр академия, 2010.-384с.
3. ГОСТ 16263-70 ГСИ. Метрология. Термины и определения.
4. ГОСТ 4.93-83. Система показателей качества продукции.
5. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции.

Интернет-ресурсы

1. Csm-vrrn.ru
2. Gost.ru-
3. Электронный учебник de.ifmo.ru

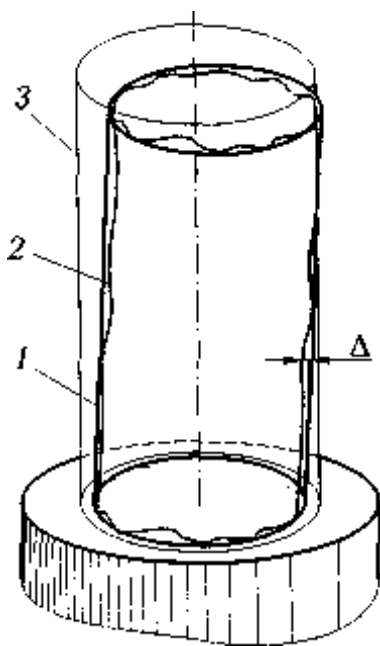
5.Взаимозаменяемость деталей по форме и взаимному расположению поверхностей

Точность геометрических параметров деталей характеризуется точностью не только размеров ее элементов, но и формы и расположения поверхностей. Классификация отклонений и допусков формы и расположения, а также терминология приведены в ГОСТ 24642—81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения. Основные термины и определения».

Отклонением формы(рис.2.10)называют отклонение реальной поверхности ,ограничивающей тело от номинальной.

Реальная поверхность — это поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды. Реальные поверхности деталей получают в результате обработки.

Номинальная поверхность — это идеальная поверхность, форма которой задана чертежом или другой технической документацией. Кроме номинальной и реальной поверхностей различают номинальный и реальный профили, а также номинальное и реальное расположение



поверхности (профиля).

Рисунок 2.10- Виды поверхностей детали:

1 — номинальная; 2 — реальная; 3 — прилегающая; Δ — отклонение формы

Номинальное расположение формы поверхности определяется номинальными линейными и угловыми размерами, тогда как реальное — действительными размерами, т. е. размерами реальной детали.

База — поверхность, линия или точка детали, определяющая одну из плоскостей или осей системы координат, по отношению к которой задается допуск расположения или определяется отклонение взаимного расположения поверхностей.

Профиль поверхности — линия пересечения (или контур) поверхности с плоскостью или заданной поверхностью.

Для нормирования и количественной оценки отклонений формы и взаимного расположения поверхностей используют принцип прилегающих прямых, окружностей, поверхностей и профилей.

Прилегающая прямая — это прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, что расстояние от нее до наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имеет минимальное значение (рис.2.11, а).

Прилегающая окружность — это окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения детали (рис.2.11,б), или окружность максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения (рис.2.11,в).

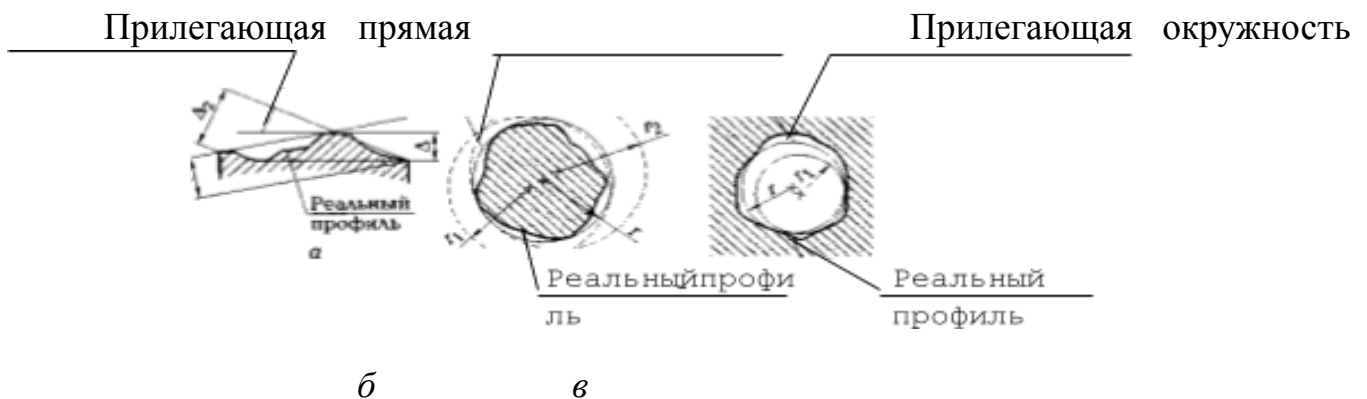
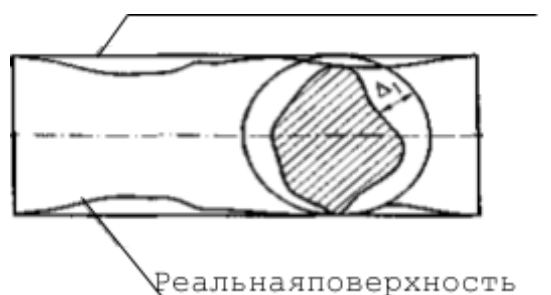


Рисунок 2.11-Прилегающая прямая (а) и прилегающие окружности (б, в): а - $\Delta < \Delta_1$, $\Delta < \Delta_2$; б — $r < r_1$; $r < r_2$; в — $r > r_1$;

Δ_1 , Δ_2 — отклонения прилегающей прямой от реального профиля; Δ — разность между прилегающими реальным профилем; r — радиус окружности реального профиля; r_1 , r_2 — радиусы окружностей прилегающего профиля

Прилегающий цилиндр представляет собой цилиндр минимального

диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности, или цилиндр максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность (рис.2.12).



Прилегающий цилиндр

Рисунок 2.12-Прилегающий цилиндр и отклонение Δ_1 от цилиндричности

Прилегающая плоскость - это плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, что отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имеет минимальное значение (рис. 2.13)

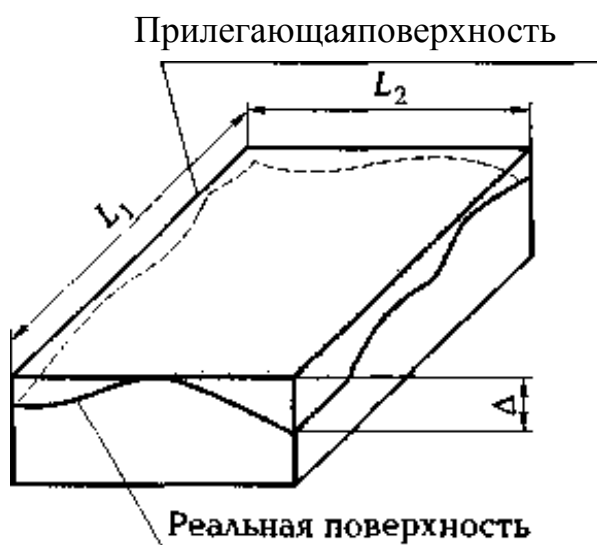


Рисунок 2.13-Прилегающая плоскость и отклонение Δ от плоскостности:
 L_1, L_2 —размеры нормируемого участка

В практике оценки отклонений приняты следующие обозначения:

Δ —отклонение формы или расположения поверхностей;

T —допуск формы или расположения;

L —длина нормируемого участка.

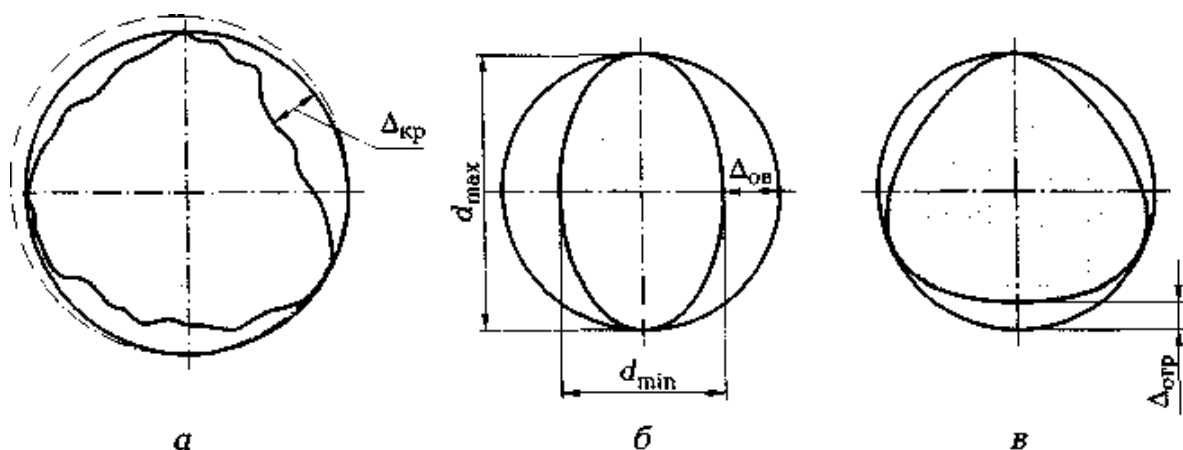
Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием Δ от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля).

Отклонения формы цилиндрических поверхностей

Рассмотрим основные виды таких отклонений.

1. **Отклонение от округлости** — комплексный показатель отклонений в плоскости поперечного сечения цилиндрической детали. Отклонением от округлости называют наибольшее расстояние $\Delta_{кр}$ от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис.2.14, а). Допуск округлости T — наибольшее допустимое значение отклонения от округлости.

Частными видами отклонения от округлости являются овальность (рис.2.14, б) и огранка (рис. 2.14, в).



Рисунок

2.14-Отклонения формы цилиндрических деталей в поперечном сечении от округлости:

а—в общем случае($\Delta_{кр}$); б—овальность($\Delta_{ов}$); в—огранка($\Delta_{огр}$)

Овальность — это отклонение от округлости, при котором реальный профиль поперечного сечения представляет собой фигуру, близкую по форме к овалу. Наибольший и наименьший диаметры этой фигуры взаимно-перпендикулярны (см. рис.2.14, б). За значение овальности принимают полуразность между наибольшим и наименьшим диаметрами сечения:

$$\Delta_{ов} = (d_{max} - d_{min}) / 2$$

Овальность возникает вследствие биения шпинделя токарного или шлифовального станка, неправильной формы поперечного сечения заготовки, дисбаланса детали и т.д.

Огранка — это отклонение от округлости, при котором реальный профиль поперечного сечения представляет собой многогранную фигуру

(см. рис.2.14, в). Огранка количественно определяется так же, как и отклонение от округлости, — наибольшим отклонением $\Delta_{огр}$ точек реального профиля от прилегающей окружности.

Причиной появления огранки является изменение положения мгновенного центра вращения детали при обработке, например, при бесцентровом шлифовании или резании, когда система станок - приспособление - инструмент - заготовка недостаточно жесткая.

2. **Отклонение от цилиндричности** — комплексный показатель формы цилиндрической детали. Отклонением от цилиндричности называют наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка.

Отклонение профиля продольного сечения - комплексный показатель формы деталей в плоскости продольного сечения. Конусообразность, бочкообразность, седлообразность, отклонение оси от прямолинейности (рис.2.15,) - частные виды отклонений профиля цилиндрических поверхностей в продольном сечении.

Конусообразность - отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (рис.2.15,а). Конусообразность возникает при несовпадении осей шпинделя и пиноли задней бабки станка, отклонении от параллельности оси шпинделя направляющим станины, износе резца и т.п.

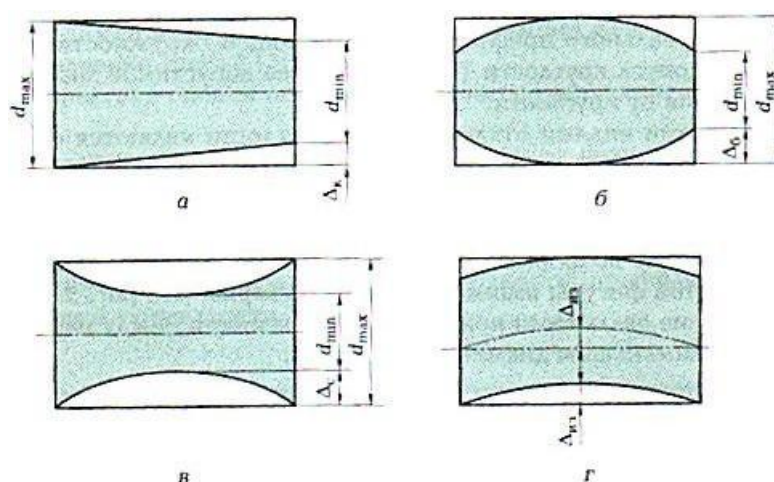


Рисунок 2.15— Отклонения профиля цилиндрических деталей в продольном сечении :
а—конусообразность;б—бочкообразность;в—седлообразность;г—отклонение оси от прямолинейности

Бочкообразность — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рис 2.15, б).

Чаще всего причиной бочкообразности является прогиб длинного вала при его малой жесткости в процессе обточки в центрах без люнета.

Седлообразность — отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения (рис.2.15, в). Причинами возникновения седлообразности являются несовпадение центров токарного станка в вертикальной плоскости и обработка толстых коротких валов в нежестких центрах.

Количественно конусообразность, бочкообразность и седлообразность равны полуразности между наибольшим и наименьшим диаметрами в одном и том же продольном сечении.

Зная частные показатели отклонений профиля, можно вносить коррективы в технологический процесс и устранять причины, вызывающие эти отклонения, так как любое из них снижает ресурс подвижных соединений и надежность неподвижных.

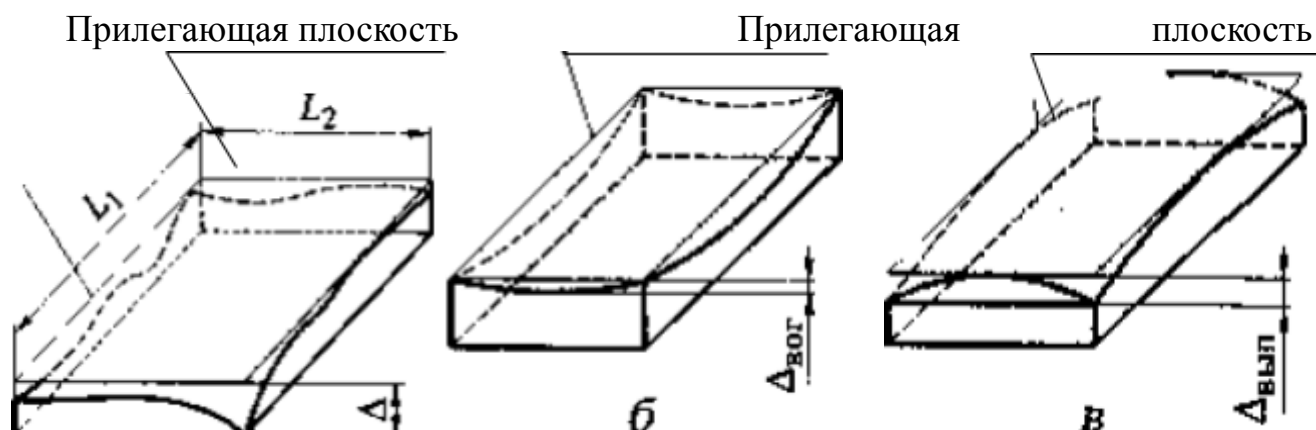
Отклонение оси от прямолинейности (рис.2.15, г) наблюдается, как правило, вследствие действия неравномерно распределенных остаточных напряжений, возникающих после термообработки, наклепа и т.п.

Отклонения формы плоских поверхностей

Эти отклонения подразделяются на несколько видов.

Отклонение от плоскостности — комплексный показатель отклонений формы плоских поверхностей. Оно характеризуется совокупностью всех отклонений формы поверхности и численно равно наибольшему расстоянию Δ от реальной поверхности до прилегающей плоскости (рис.2.16, а).

Вогнутость (рис.2.16, б) и выпуклость (рис.2.16, в) — частные случаи отклонений формы плоских поверхностей.



Прилегающая плоскость

Рисунок 2.16-Отклонения формы плоских поверхностей:

а—графическое определение отклонения от плоскостности;

б — вогнутость; в — выпуклость;

D — отклонение от плоскостности; $D_{\text{вог}}$ - величина вогнутости; $D_{\text{вып}}$ - величина выпуклости; L_1, L_2 — размеры нормируемого участка

Отклонение от прямолинейности в плоскости (рис.2.17) — комплексный показатель отклонений профиля сечения плоских поверхностей, численно равный наибольшему расстоянию от реального профиля до прилегающей прямой.



Рисунок 2.17-Отклонение от прямолинейности в плоскости:

L —размер нормируемого участка

Отклонение формы заданного профиля (поверхности) - наибольшее отклонение (рис. 9) точек реального профиля (поверхности) от номинального, определяемое по нормали к номинальному профилю (поверхности).

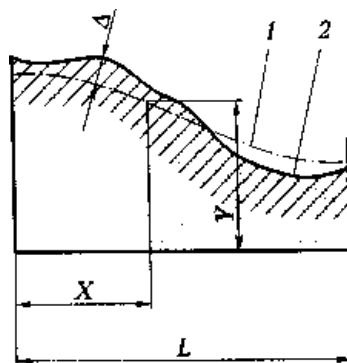


Рисунок 2.18-Отклонение формы заданного профиля:

I —номинальный профиль; 2 —реальный профиль; D - отклонение формы заданного профиля; X , Y — номинальные значения координат;
 L — длина поверхности.

Все виды отклонений от правильной геометрической формы отрицательно сказываются на работе соединений. В подвижных соединениях отклонения формы приводят к уменьшению фактической площади контакта, увеличению удельных нагрузок, ухудшению условий смазывания и вследствие этого к значительному сокращению ресурса соединения из-за быстрого износа сопрягаемых поверхностей.

В соединениях с натягом отклонения формы приводят к уменьшению реального натяга и как следствие к снижению надежности соединения. Для обеспечения взаимозаменяемости деталей ГОСТ 24643—81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения. Числовые значения» устанавливает предельные отклонения погрешностей формы и расположения в зависимости от принятой степени точности. Стандартом определены 16 степеней точности.

Относительная геометрическая точность формы цилиндрических поверхностей — отношение допусков формы и размера в зависимости от условий применения имеет следующие значения, %: нормальная — 60, повышенная — 40 и высокая — 25. Если предельные отклонения формы не установлены, то они должны быть ограничены допуском на размер.

Отклонения расположения поверхностей (осей)

Отклонение расположения - это отклонение рассматриваемого элемента от его номинального расположения, определяемого номинальными линейными и угловыми размерами между ним и базами или между рассматриваемыми элементами, если базы не заданы.

Причинами возникновения отклонений расположения поверхностей (осей) являются погрешности обработки деталей приспособлений, используемых для установки деталей, а также нарушение принципа единства баз при изготовлении деталей. Во время эксплуатации отклонения расположения поверхностей в значительной мере увеличиваются из-за неравномерного износа, пластических деформаций и старения металла корпусных деталей, сопровождающегося их короблением.

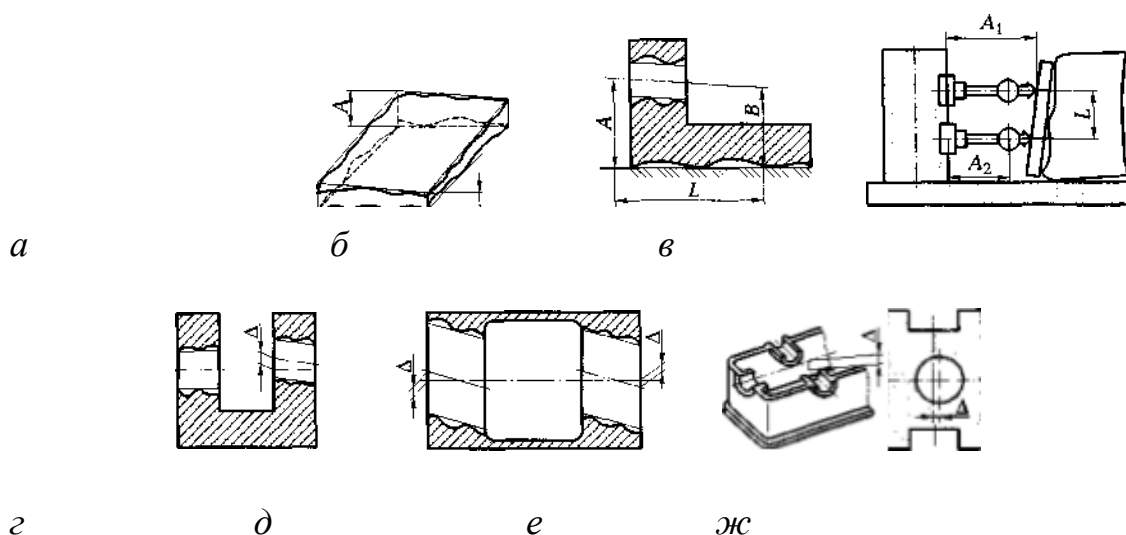
В зависимости от формы и назначения детали различают зависимые и независимые допуски расположения поверхностей. Значение зависимого допуска расположения определяется не только заданным

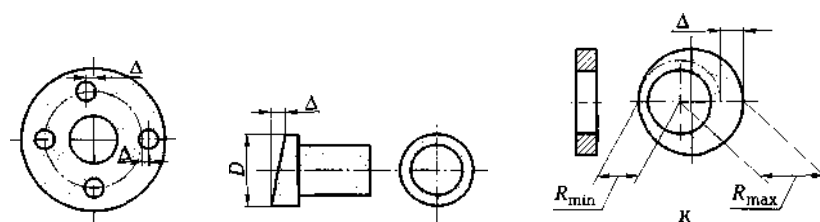
предельным отклонением расположения, но и действительными отклонениями размеров рассматриваемых поверхностей. Чтобы обеспечить собираемость деталей, назначают зависимые допуски. Значение независимого допуска определяется только заданным предельным отклонением расположения и не зависит от предельных отклонений размеров рассматриваемых поверхностей.

К отклонениям D расположения поверхностей (осей) относятся:

- Отклонение от параллельности ($D=A-B$) плоскостей (рис.19,а), прямых в плоскости, осей поверхностей вращения, оси вращения и плоскости (рис. 19, б);
- Отклонение от соосности;
- отклонение от перпендикулярности плоскостей, осей или оси и плоскости ($D=A_1-A_2)/L$) (рис. 19, в);
- полное торцевое и полное радиальное биение;
- отклонение формы заданного профиля;
- отклонение формы заданной поверхности.

Отклонения расположения поверхностей от номинального чрезвычайно негативно сказываются на надежности и долговечности работы узлов, механизмов и машин в целом, вызывая в отдельных деталях и соединениях дополнительные статические и динамические нагрузки, что приводит к быстрому износу и усталостному разрушению деталей.





и

к

л

Рисунок 2.19 –Отклонения Δ расположения поверхностей (осей):

$a, б$ - отклонение от параллельности; $в$ – отклонение от перпендикулярности;

$г, д$ —отклонение от соосности; $е$ – отклонение от пересечения осей;

$ж$ —отклонение от симметричности; $з$ — позиционное; $и$ — торцевое биение;

$к$ — радиальное биение;

R_{max}, R_{min} —максимальный и минимальный радиусы биения;

A, A_1, A_2, B, D, L —размеры

Допуски формы и расположения поверхностей указывают на чертежах условными обозначениями или текстом в технических требованиях. Применение условных обозначений предпочтительно. Обозначения на чертежах допусков формы и расположения поверхностей выполняют по ГОСТ 2.308—79 «ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей».

Условные обозначения допусков (рис.2.20) помещают в прямоугольную рамку, разделенную на две или три части.

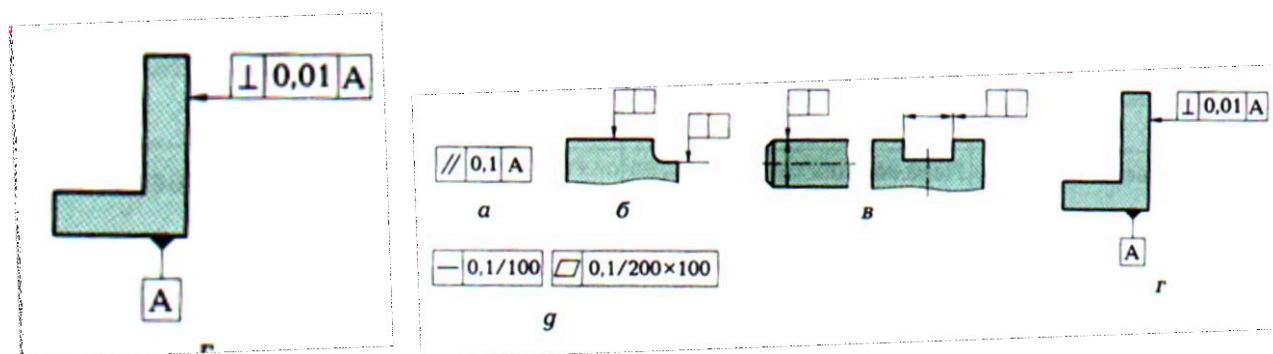


Рисунок 2.20—Условные обозначения допусков расположения и формы на чертежах:

$а$ —условный знак допуска расположения; $б-г$ —примеры применения

знака; $д$ —условный знак допуска формы

В первой проставляют знак допуска, во второй – его числовое значение в мм, а в третьей – буквенное обозначение базы или другой поверхности, к которой относится это отклонение