

Лекция № 17

Основные понятия о стандартизации и метрологии.

Нормирование геометрических параметров деталей: классы точности, допуски, посадки, отклонения формы и взаимного расположения, шероховатость поверхностей. Обозначение отклонений и шероховатости на чертежах.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСНОВАХ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Для повышения технического уровня и качества продукции, роста производительности труда, экономии трудовых и материальных ресурсов необходимо во всех отраслях народного хозяйства развивать и совершенствовать системы стандартизации на основе внедрения достижений науки, техники и практического опыта.

Стандартизация – это установление и применение правил с целью упорядочения деятельности в определенной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности для достижения всеобщей оптимальной экономии при соблюдении условий эксплуатации (использовании) и требований безопасности.

Основными нормативно-техническими документами (НТД) по стандартизации являются стандарты и технические условия (ТУ).

Стандарт – нормативно-технический документ по стандартизации, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации и утвержденный компетентным органом. Стандарт, разработанный на основе достижений науки, техники, передового опыта, должен предусматривать оптимальные для общества решения. Стандарт – это самое целесообразное решение повторяющейся задачи для достижения определенной цели.

Технические условия – нормативно-технический документ по стандартизации, устанавливающий комплекс требований к конкретным изделиям, материалу и другой продукции, ее изготовлению и контролю.

Объектами стандартизации являются изделия, процессы, нормы, правила, методы, термины или средства производства, которые могут быть охарактеризованы количественно и качественно с помощью условных единиц, обозначений или понятий.

В зависимости от сферы действия стандарта предусмотрены следующие их категории: межгосударственные (ГОСТ), стандарты республики (СТБ), отраслевые (ОСТ), стандарты предприятия (СТП). Кроме того, существуют международные стандарты (МС). Межгосударственные стандарты (ГОСТ) обязательны для всех предприятий, организаций и учреждений, независимо от форм собственности в пределах сферы их деятельности для стран СНГ. Стандарты республики (СТБ) обязательны по аналогии с ГОСТ только в пределах РБ. Отраслевые стандарты (ОСТ) обязательны для всех предприятий и организаций данной отрасли, а также для других предприятий и организаций (независимо от их ведомственной принадлежности и формы собственности), разрабатывающих, изготавливающих и применяющих изделия,

которые относятся к номенклатуре, закрепленной за соответствующим министерством. Стандарты предприятия (СТП) действуют и являются обязательными только на предприятии и в организации, утвердивших данный стандарт.

Для усиления роли стандартизации в техническом прогрессе, повышения качества продукции и экономичности ее производства разработана и введена в действие в народном хозяйстве государственная система стандартизации (ГСС). Она представляет собой комплекс взаимосвязанных правил и исключений, определяющих цели и задачи стандартизации, структуру органов и служб стандартизации, их права и обязанности, организацию и методику проведения работ по стандартизации во всех отраслях народного хозяйства, порядок разработки, оформления, согласования, утверждения, создания, внедрения стандартов и другой НТД, а также контроля за их внедрением и соблюдением.

Эффективное использование стандартизации осуществляется с помощью широкого использования следующих методов стандартизации: симплификации, унификации, типизации и агрегатирования.

Симплификация – метод, заключающийся в отборе и рациональном ограничении номенклатуры объектов. Самый простейший метод стандартизации, однако довольно широко используется и позволяет снизить стоимость изготовления и затраты на эксплуатацию продукции и тем самым повысить производительность труда.

Унификация – метод использования единообразия конструкций одинаковых по своему функциональному назначению деталей, сборочных единиц, агрегатов, применяемых в различных машинах, для рационального сокращения их типов, видов и размеров.

Это наиболее распространенный и эффективный метод стандартизации. Он позволяет повысить производительность труда, снизить затраты на изготовление и эксплуатацию изделий, так как создает условия для развития специализации производства, комплексной механизации и автоматизации.

Типизация – обоснованное сведение многообразия конструкций машин, оборудования, приборов, технологических процессов к небольшому типу на основе общих характеристик. Типизация конструкций машин позволяет отобрать образцы с наилучшими эксплуатационными показателями, которые принято называть базовыми и на основании которых создают новые машины, оборудование и технологические процессы. Типизация повышает производительность труда, экономит материальные ресурсы, снижает себестоимость продукции.

Агрегатирование – метод компоновки оборудования и приборов из унифицированных агрегатов в разных сочетаниях и количествах в зависимости от назначения машины. Агрегатирование позволяет создать новую машину не из оригинальных составляющих, а из уже выпускаемых унифицированных агрегатов и тем самым значительно сократить затраты на проектирование, изготовление и эксплуатацию машины.

Предпочтительные числа. Важнейшей предпосылкой стандартизации и унификации является широкое применение предпочтительных чисел, т.е.

специально подобранных величин, которыми рекомендуется пользоваться во всех отраслях народного хозяйства. При расчете деталей машин полученные линейные размеры (диаметры, длины, высоты и др.) необходимо округлять (как правило, в большую сторону) до предпочтительных. Стандарт устанавливает ряды предпочтительных чисел (табл. 17.1).

Таблица 17.1

| Наименование ряда | Примеры нормальных линейных размеров, мм (предпочтительные числа) |
|-------------------|---|
| Ra 5 | 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; ... |
| Ra 10 | 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; ... |
| Ra 20 | 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; ... |
| Ra 40 | 10; 10,5; 11; 11,5; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200; ...; 500 |

Примечание. При выборе размеров предпочтение нужно отдавать размерам из ряда с более крупной градацией (размеры ряда Ra 5 следует предпочитать размерам ряда Ra 10 и т. д.).

ПРИНЦИПЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ДОПУСКАХ И ПОСАДКАХ

Современное производство машин, оборудования, приборов, их эксплуатация и ремонт основываются на использовании принципа взаимозаменяемости деталей, сборочных единиц и агрегатов.

Взаимозаменяемостью принято называть свойство деталей (сборочных единиц, агрегатов) занимать свои места в машине без каких-либо дополнительных операций обработки и выполнять при этом свои функции в соответствии с заданными техническими условиями.

Следовательно, эти детали (сборочные единицы, агрегаты) должны соответствовать каким-то правилам, нормам, т.е. быть стандартизованными. Поэтому взаимозаменяемость основывается на стандартизации и является одним из необходимых условий при проведении работ по унификации и агрегатированию.

Взаимозаменяемость может быть: полная – неполная, внешняя – внутренняя, геометрическая – функциональная.

Полная взаимозаменяемость – это процесс, при котором сборка всех сборочных единиц происходит без дополнительной обработки, подбора или регулирования составляющих. При неполной (ограниченной) взаимозаменяемости сборку ведут после предварительной сортировки деталей на группы (селективная сборка) или с частичной их подгонкой, подбором и применением компенсаторов.

Внешняя – это взаимозаменяемость узлов и изделий по присоединительным поверхностям. Внутренняя – это взаимозаменяемость отдельных деталей (по всем поверхностям), входящих в узел или изделие.

Геометрическая взаимозаменяемость охватывает все вопросы, связанные с взаимозаменяемостью деталей, сборочных единиц или агрегатов только по геометрическим размерам и форме (принцип собираемости).

Функциональная – взаимозаменяемость, при которой обеспечивается не только принцип собираемости сборочных единиц и агрегатов, но и взаимозаменяемость по механическим и другим эксплуатационным показателям, обеспечивающим работоспособность, надежность и долговечность машины.

Благодаря принципу взаимозаменяемости можно в широких масштабах осуществлять специализацию и кооперирование предприятий, что дает огромную экономию труда и средств за счет применения более производительного специализированного оборудования, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов.

Детали, полностью или частично входящие одна в другую, образуют соединение. Внутренний (охватывающий) элемент детали – это отверстие, наружный (охватываемый) элемент детали – вал. Условно принято размеры, относящиеся к отверстиям, обозначать буквой D , а к валам – строчной буквой d .

Детали, из которых состоят соединения, характеризуются размерами. Размер – числовое значение линейной величины (диаметр, длина, высота и т.д.) в выбранных единицах измерения. В машиностроении размеры указывают в миллиметрах.

Размеры могут быть номинальными и действительными.

Номинальный (D_n, d_n) – это размер, который получен в результате расчета на прочность, жесткость, усталость или выбран из конструктивных соображений, округлен до ближайшего, как правило, большего размера из ряда нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636 (см. п.1.3) и поставлен на чертеже. Номинальный размер одинаков для отверстия и для вала, образующих соединение, $D_n = d_n$ (рис. 1.1).

Так как в силу многих причин (неточность станка, неточность приспособлений, неточность режущего инструмента, неточность измерений и т.д.) невозможно изготовить деталь абсолютно точно, вводится понятие «действительный размер».

Действительный размер – это размер, полученный в результате изготовления детали и измеренный с допустимой погрешностью. Действительные размеры детали в партии, изготовленной на одном и том же станке с одной установки инструмента, будут отличаться один от другого, так как на их значение влияет очень большое число факторов, иногда не поддающихся учету и регулированию.

Избежать рассеяния действительных размеров при обработке невозможно, поэтому зону рассеяния ограничивают, устанавливая наибольший и наименьший предельные размеры (D_{\max} , D_{\min} , d_{\max} , d_{\min}).

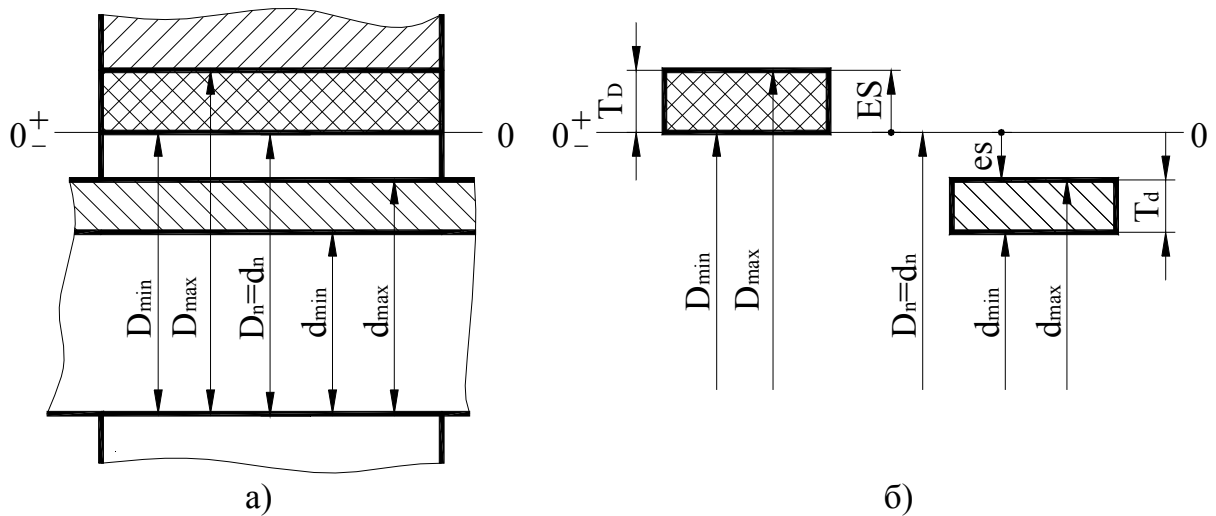


Рис. 171. Схема размеров

Предельными размерами называют два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер.

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется допуском (T):

$$T_D = D_{\max} - D_{\min}; T_d = d_{\max} - d_{\min}. \quad (17.1)$$

Допуск – это интервал, в пределах которого должны находиться действительные размеры годных деталей. Он может быть только положительной величиной.

На чертежах предельные размеры обозначают значениями предельных отклонений от номинального размера. Предельное отклонение – алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами. Различают верхнее и нижнее отклонения.

Верхнее отклонение ES , es – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами:

$$ES = D_{\max} - D_n; es = d_{\max} - d_n. \quad (17.2)$$

Нижнее отклонение EI , ei – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами:

$$EI = D_{\min} - D_n; ei = d_{\min} - d_n. \quad (17.3)$$

Величины отклонений могут быть как положительными, так и отрицательными.

Допуск равен абсолютному значению алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями:

$$T_D = ES - EI; T_d = es - ei. \quad (7.4)$$

Графическое изображение деталей соединения дает возможность легче усвоить соотношение предельных размеров вала и отверстия, значительно упрощает все расчеты, однако схема, приведенная на рис. 1.1а, громоздка и

не может быть выполнена в масштабе. Вот почему применяют упрощенную схему в виде графического расположения полей допусков, где за начало отсчета предельных отклонений принята нулевая линия, соответствующая положению номинального размера (см. рис. 1.1б). Область значений, ограниченная верхним и нижним предельными отклонениями или наибольшим и наименьшим предельными размерами, называется **полем допуска** (T_D , T_d). От нулевой линии в масштабе откладывают предельные отклонения: со знаком плюс – вверх, со знаком минус – вниз.

Расположение полей допусков относительно номинального размера (нулевой линии) определяется одним из предельных отклонений, называемым основным и обозначаемым одной (или двумя) буквой латинского алфавита – прописной для отверстия (P, R, H, J_s, K, L, M, N и т.д.) и строчной для вала (p, r, h, j_s, k, l, m, n и т.д.).

Основным является предельное отклонение, ближайшее к нулевой линии. Его величина зависит от номинального размера и буквенного обозначения. Второе предельное отклонение (не основное) зависит от величины допуска.

При увеличении допуска на размер требования к точности снижаются, и деталь в изготовлении будет более простой и дешевой. При одном и том же допуске деталь большего размера изготовить сложнее, чем деталь меньшего размера. Поэтому величину допуска назначают в зависимости от диаметра, вводя единицу допуска:

$$i = 0.45\sqrt[3]{d} + 0.001d, \quad \text{мкм} \quad (17.5)$$

здесь d в мм), допуск определяют по формуле $IT = a \cdot i$, где a - число единиц допуска (коэффициент точности).

В зависимости от числа a единиц допуска i в допуске стандартом установлено 19 квалитетов точности: 01, 0, 1, 2, ..., 17. При этом в среднем машиностроении квалитеты 5-11 используют для назначения допусков на

сопрягаемые размеры деталей, а квалитеты 12-17 - для несопрягаемых (свободных) размеров.

Экономически целесообразные предельные отклонения и допуски размеров деталей определяются единой системой допусков и посадок (ЕСДП), установленной ГОСТ 25347 и ГОСТ 25346, и указываются на рабочих чертежах деталей для всех размеров, иначе они становятся неопределенными для производства и контроля.

Величины верхнего и нижнего предельных отклонений (поля допусков) сопрягаемых размеров указывают на чертежах непосредственно после номинального размера одним из трех способов:

1) числовыми значениями предельных отклонений в миллиметрах (более мелкими цифрами; верхнее - сверху, нижнее – внизу, (рис. 17.2а), каждое имеет свой знак; отклонение, равное нулю, не проставляется, (см. рис. 17.2б); если верхнее и нижнее отклонения равны по абсолютной величине, но име-

ют разные знаки, то они записываются один раз со знаком "±" цифрами одинаковой высоты с цифрами номинального размера) (см. рис. 17.2в):

$$100 \begin{matrix} +0.006 \\ -0.048 \end{matrix} \quad 20^{+0.033} \quad \text{Ø}80 \pm 0.023$$

а) б) в)

Рис. 17.2. Обозначение предельных отклонений

- 2) в виде условного обозначения поля допуска, состоящего из буквы, характеризующей расположение поля допуска относительно номинального размера, определяемого соответствующим основным отклонением, и цифры, обозначающей квалитет точности, характеризующий величину допуска, а следовательно, и величину второго предельного отклонения (не основного), например 20h8; 35F9 и т.д.;
- 3) одновременным указанием условного обозначения поля допуска и соответствующих ему цифровых значений предельных отклонений (в скобках) (рис. 1.3):

$$40h8 \left(\begin{matrix} \\ -0.033 \end{matrix} \right)$$

Рис. 17.3. Обозначение предельного отклонения

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала образуются различные посадки: с зазором (рис. 1.4а), с натягом (см. рис. 1.4б) или переходная (см. рис. 1.4в). Посадка – характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров и натягов.

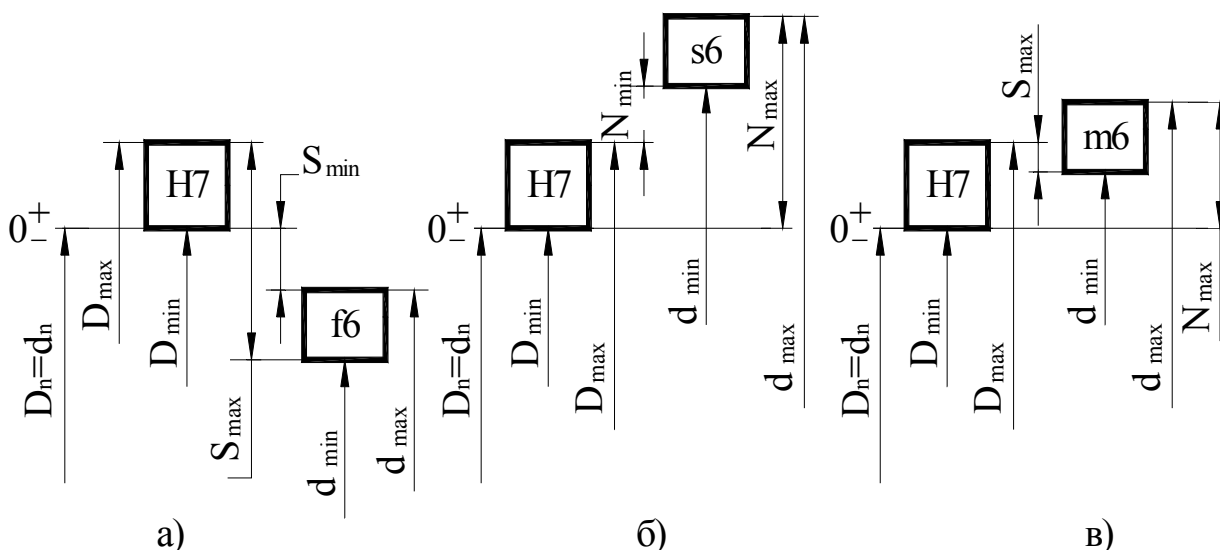


Рис. 17.4. Схема посадок

Посадка с зазором – посадка, при которой обеспечивается гарантиро-

ванный зазор в соединении (поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала (см. рис. 1.4а). Зазор $S = D - d$, т.е. размер отверстия больше размера вала.

Посадка с натягом – посадка, при которой обеспечивается гарантированный натяг в соединении (поле допуска вала расположено над полем допуска отверстия (см. рис. 1.4б). Натяг $T = d - D$, т.е. размер вала больше размера отверстия.

Переходная посадка – посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью) (см. рис. 17.4в).

Рассеяние действительных размеров отверстия и вала в пределах допусков неизбежно приводит к рассеянию значений зазоров и натягов в собираемых соединениях. Для анализа характера соединения важно знать предельные значения зазоров и натягов. Предельные зазоры и натяги аналитически можно определить по следующим формулам:

$$\begin{aligned} S_{\max} &= D_{\max} - d_{\min} = ES - ei; \\ S_{\min} &= D_{\min} - d_{\max} = EI - es; \\ N_{\max} &= d_{\max} - D_{\min} = es - EI; \\ N_{\min} &= d_{\min} - D_{\max} = ei - ES. \end{aligned} \quad (71.6)$$

Допуск посадки (T_{Δ}) – разность между наибольшим и наименьшим зазором или натягом:

$$T_{\Delta} = S_{\max} - S_{\min}; \quad T_{\Delta} = N_{\max} - N_{\min}. \quad (17.7)$$

В то же время

$$T_{\Delta} = S_{\max} - S_{\min} = (D_{\max} - d_{\min}) - (D_{\min} - d_{\max}) = D_{\max} - D_{\min} + d_{\max} - d_{\min} = T_D + T_d. \quad (1.8)$$

Аналогично

$$T_{\Delta} = N_{\max} - N_{\min} = (d_{\max} - D_{\min}) - (d_{\min} - D_{\max}) = D_{\max} - D_{\min} + d_{\max} - d_{\min} = T_D + T_d. \quad (17.9)$$

Следовательно, допуск посадки равен сумме допусков отверстия и вала: $T_{\Delta} = T_D + T_d$.

Для того чтобы на сборочном чертеже указать характер соединения двух сопрягаемых деталей (посадку), необходимо и достаточно после номинального размера сопрягаемых поверхностей обозначить их поля допусков. Обозначения выполняют в виде дроби: в числителе обозначают поле допуска отверстия, а в знаменателе – поле допуска вала одним из указанных выше способов, например (рис. 1.5).

$$90 \frac{H7}{s6}; \quad 90 \frac{+0.035}{\substack{+0.093 \\ +0.071}}; \quad 90 \frac{H7}{s6} \left(\frac{+0.035}{\substack{+0.093 \\ +0.071}} \right).$$

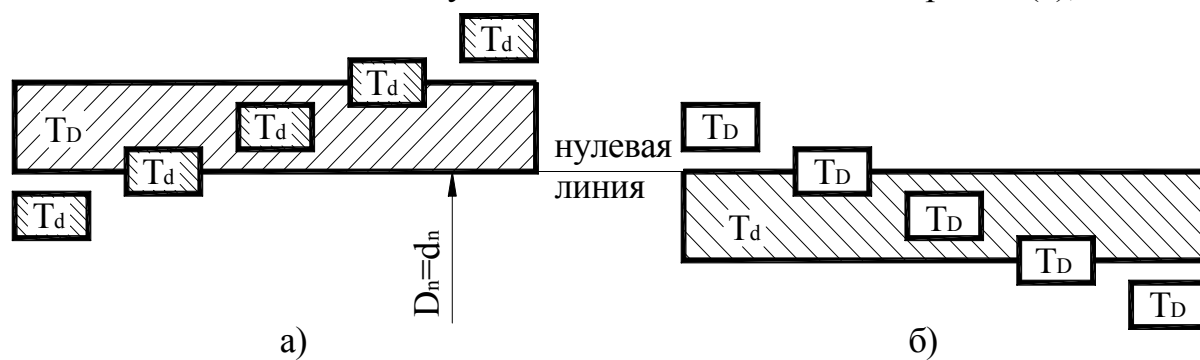
Рис. 1.5. Варианты обозначения посадок

В посадках могут сочетаться поля допусков одинаковых или разных квалитетов (обычно менее точный квалитет задают для отверстия).

В ЕСДП предусмотрены две системы образования посадок: система основного отверстия (система отверстия) и система основного вала (система вала).

В основу системы отверстия положена независимость размера отверстия от вида посадки, т.е. предельные отклонения данного размера отверстия одинаковы для всех посадок. Различные посадки достигаются путем изменения предельных отклонений размеров (полей допусков) вала (рис. 17.6а) (Td).

Рис. 17.6. Схемы полей допусков посадок в системе отверстия (а), в системе



вала (б)

Отверстие в такой системе называют основным, а расположение его поля допуска (основное отклонение, нижнее, равно нулю) обозначают буквой Н. Второе отклонение, верхнее, всегда положительно, т.е. поле допуска располагается в "тело" детали. Обозначение посадки в системе отверстия имеет вид

$$50 \frac{H7}{k6}$$

При образовании **посадок в системе вала** принимают, что размер вала не зависит от вида посадки, а различные посадки получают за счет изменения предельных отклонений (полей допусков) отверстий (рис. 1.6б).

Вал в такой системе называют основным, а расположение его поля допуска (основное отклонение, верхнее, равно нулю) обозначают буквой h. Второе отклонение, нижнее, всегда отрицательно, т.е. поле допуска располагается также в "тело" детали. Обозначение посадки в системе вала имеет вид

$$50 \frac{K7}{h6}$$

На практике в машиностроении система отверстия более распространена, т.к. способствует сокращению ассортимента требуемых инструментов для обработки отверстий и средств контроля.

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

При изготовлении деталей возникают погрешности не только линейных размеров, но и геометрической формы и взаимного расположения осей, поверхностей и конструктивных элементов деталей. Эти погрешности оказывают вредное влияние на работоспособность машин.

Точность формы характеризуется отклонением формы реальной поверхности (или профиля) от формы номинальной поверхности (или профиля), заданной чертежом, и определяется в соответствии с ГОСТ 24642.

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

Номинальная поверхность – это идеальная поверхность, форма которой задана чертежом или другой технической документацией.

Для количественной оценки отклонений формы используют принцип прилегающей поверхности, или профиля.

Прилегающая поверхность (или профиль) – это поверхность (или профиль), имеющая форму номинальной (или профиля), соприкасающаяся с реальной поверхностью (или профилем) и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее до наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка было минимальным.

Под профилем в ранее приведенных определениях понимается линия пересечения поверхности с плоскостью или заданной поверхностью.

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

Отклонения формы могут быть комплексными и частными.

Для цилиндрических поверхностей комплексным является отклонение от цилиндричности, которое характеризуется наибольшим расстоянием Δ от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра (рис. 7.7а).

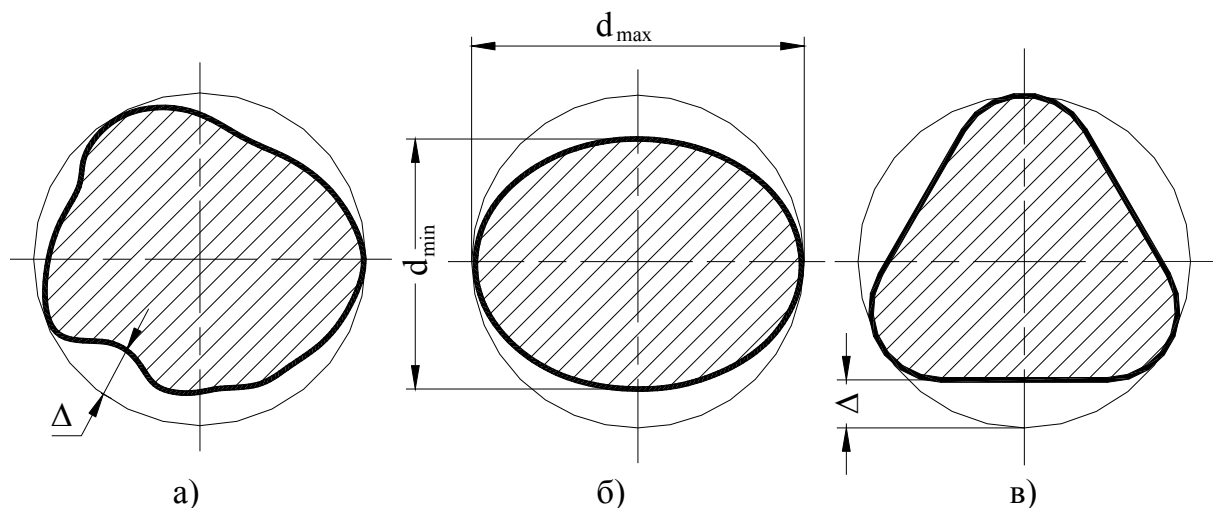


Рис. 17.7. Схемы отклонений

За прилегающий цилиндр принимается цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности, или максимального, вписанный в реальную внутреннюю поверхность. Отклонение от круглости есть комплексный показатель отклонений в плоскости поперечного сечения. Частными отклонениями будут овальность (рис. 17.7а) и огранка (рис. 17.7в).

Овальность – это отклонение от круглости, при котором реальный

профиль поперечного сечения представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях. За значение овальности принимают полуразность между наибольшим и наименьшим диаметрами сечения.

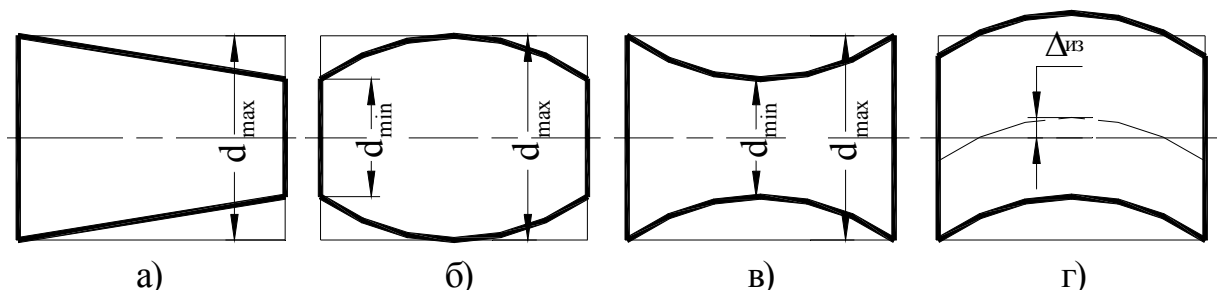
Огранка – это отклонение от круглости, при котором реальный профиль поперечного сечения представляет собой многогранную фигуру, очерченную отрезками дуг с центрами кривизны в различных точках. Огранка количественно определяется так же, как и отклонение от круглости, - наибольшим отклонением реального профиля $\Delta_{огр}$ от прилегающей окружности.

Конусообразность, бочкообразность, седлообразность, отклонение от прямолинейности оси (рис. 1.8) – частные показатели отклонений профиля цилиндрических поверхностей в продольном сечении.

Конусообразность – это отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (см. рис. 1.8а).

Бочкообразность – это отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (см. рис. 1.8б). Чаще всего причиной бочкообразности является прогиб вала при малой его жесткости в процессе обточки в центрах.

Рис. 1.8. Отклонения профилей



Седлообразность – это отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения (см. рис. 1.8в). Количественно конусообразность, бочкообразность или седлообразность равна 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 от прямолинейности оси характеризуется непрямолинейностью геометрического места центров поперечных сечений цилиндрической поверхности (см. рис. 1.8г) и возникает, как правило, из-за действия неравномерно распределенных остаточных напряжений, возникающих после термообработки, наклепа и т.д.

Отклонение от плоскостности – комплексный показатель отклонений формы плоских поверхностей (рис. 1.9). Оно характеризуется совокуп-

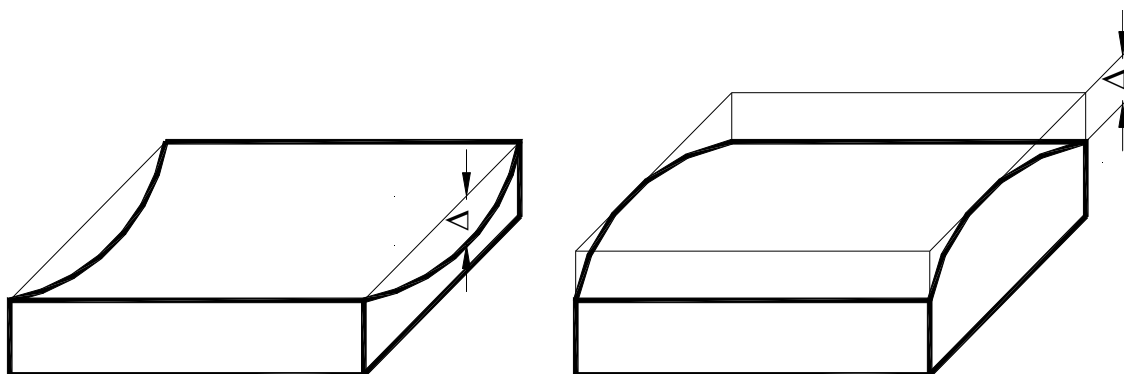


Рис. 17.9. Отклонения формы плоских поверхностей
ностью всех отклонений формы поверхности и численно равно наибольшему расстоянию Δ от реальной поверхности до прилегающей плоскости.

Вогнутость (рис. 17.9а) и **выпуклость** (рис. 17.9б) – частные показатели отклонений формы плоских поверхностей.

Отклонение от прямолинейности – комплексный показатель отклонений профиля сечения плоских поверхностей. Оно численно равно наибольшему расстоянию от реального профиля до прилегающей прямой.

Все виды отклонений от правильной геометрической формы отрицательно сказываются на работе соединений.

Для взаимозаменяемости соединений ГОСТ 2463 устанавливает предельные отклонения в зависимости от принятой степени точности. Стандартом определены 16 степеней точности, в которых предельные отклонения формы соответствуют ряду R5 предпочтительных чисел.

Отклонение расположения – отклонение рассматриваемого элемента от его номинального расположения, определяемого номинальными линейными и угловыми размерами между ними и базами или между рассматриваемыми элементами, если базы не заданы. Причинами возникновения отклонений расположения поверхности являются погрешности обработки деталей, погрешности приспособлений для установки деталей.

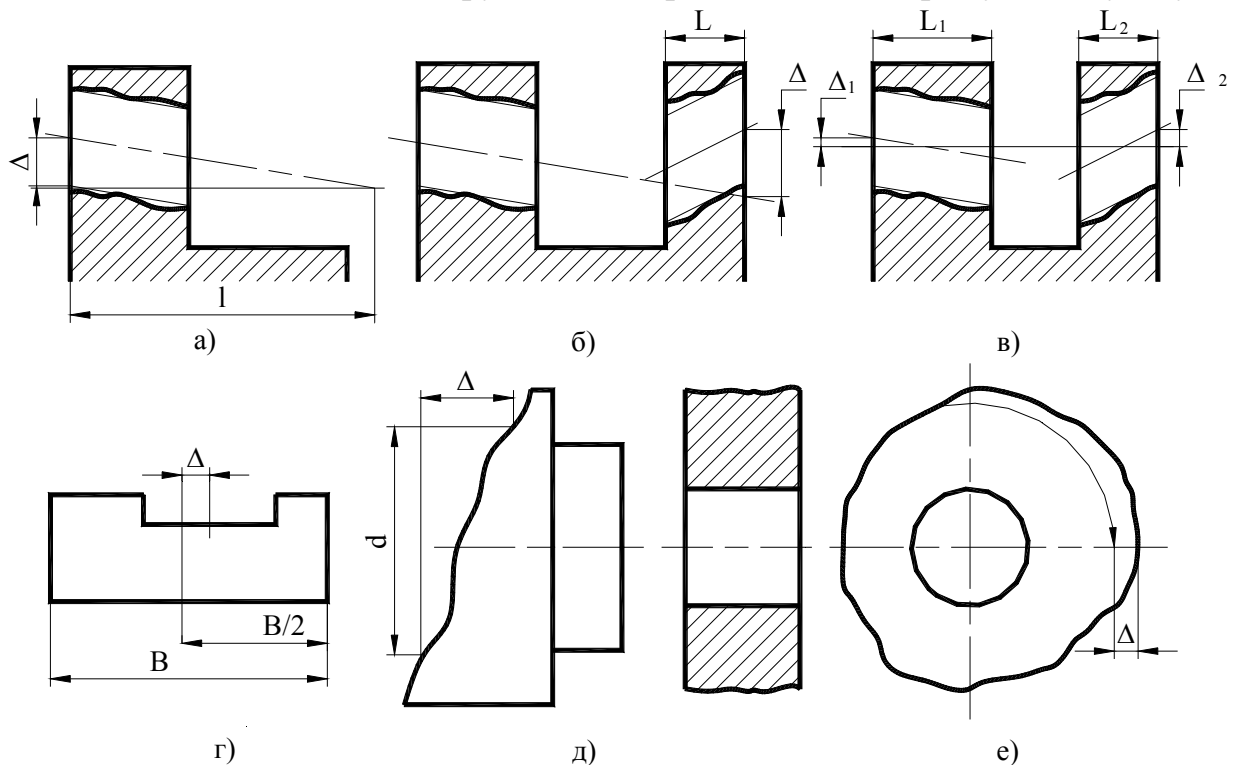
В зависимости от формы и назначения детали различают зависимые и независимые допуски расположения поверхностей. Значение зависимого допуска расположения определяется не только заданным предельным отклонением расположения, но зависит также от действительных отклонений размеров рассматриваемых поверхностей. 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 Δ расположения поверхностей относятся: отклонение от параллельности плоскостей, прямых в плоскости, осей поверхностей вращения, оси вращения и плоскости (рис. 1.10а), отклонение от перпендикулярности плоскостей, осей или оси и плоскости, отклонение от соосности – относительно оси базовой поверхности (рис. 1.10б) и относительно общей

оси (рис. 1.10в); отклонение от пересечения осей; отклонение наклона; отклонение от симметричности (рис. 1.10г); позиционное отклонение – смещение от номинального расположения.

К суммарным отклонениям формы и расположения поверхностей относятся: торцевое (рис. 1.10д) и радиальное биение (рис. 1.10е) и биение в заданном направлении; полное торцевое и полное радиальное биение; отклонение формы заданного профиля; отклонение формы заданной поверхности.

Отклонения расположения поверхностей от их номинального значения чрезвычайно вредно сказываются на надежности и долговечности работы машин, вызывая в отдельных деталях и соединениях дополнительные статические и динамические нагрузки, что приводит к быстрому износу и уста-



льному разрушению деталей.

Рис. 17.10. Схемы отклонений

Допуски формы и расположения поверхностей указывают на чертежах условными обозначениями или текстом в технических требованиях. Применение условных обозначений предпочтительно.

В табл. 17.2 приведены условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей и суммарные допуски формы и расположения поверхностей.

Условные обозначения допусков помещают в прямоугольную рамку, разделенную на две или три части. В первой проставляют условный знак допуска, во второй – числовое значение допуска в миллиметрах, в третьей – буквенное обозначение базы или другой поверхности, к которой относится отклонение.

Рамки вычерчивают сплошными тонкими линиями и располагают горизонтально. Высота цифр, букв и знаков, вписываемых в рамки, должна

быть равна размеру шрифта размерных чисел, а высота рамки – на 2-3 мм больше. Не допускается пересекать рамку какими-либо линиями. Если необходимо, то рамку допускается располагать вертикально.

Таблица 17.2

| Отклонение, допуск | Отклонение формы или расположения | Допуск формы или расположения | Знак допуска |
|---|--|--------------------------------------|--------------|
| Отклонения и допуски формы | Отклонение от прямолинейности | Допуск прямолинейности | |
| | Отклонение от плоскостности | Допуск плоскостности | |
| | Отклонение от круглости | Допуск круглости | |
| | Отклонение от цилиндричности | Допуск цилиндричности | |
| | Отклонение профиля продольного сечения | Допуск профиля продольного сечения | |
| Отклонения и допуски расположения | Отклонение от параллельности | Допуск параллельности | |
| | Отклонение от перпендикулярности | Допуск перпендикулярности | |
| | Отклонение наклона | Допуск наклона | |
| | Отклонение от соосности | Допуск соосности | |
| | Отклонение от симметричности | Допуск симметричности | |
| | Позиционное отклонение | Позиционный допуск | |
| | Отклонение от пересечения осей | Допуск пересечения осей | |
| Суммарные отклонения и допуски формы и расположения | Радиальное биение | Допуск радиального биения | |
| | Торцевое биение | Допуск торцевого биения | |
| | Биение в заданном направлении | Допуск биения в заданном направлении | |
| | Полное радиальное биение | Допуск полного радиального биения | |
| | Полное торцевое биение | Допуск полного торцевого биения | |
| | Отклонение формы заданного профиля | Допуск формы заданного профиля | |
| | Отклонение формы заданной поверхности | Допуск формы заданной поверхности | |

ВОЛНИСТОСТЬ И ШЕРОХОВАТОСТЬ

Поверхности деталей, обработанных на металлорежущих станках, имеют неровности в продольном и поперечном направлениях. Продольные неровности определяются в направлении главного рабочего движения при резании, а поперечные – в направлении, перпендикулярном к нему. Эти неточности, их форма, размеры, частота повторяемости зависят от режущего инструмента, метода и режимов обработки, материала детали и жесткости оборудования.

При оценке неровностей различают волнистость и шероховатость поверхности.

Волнистость – это совокупность периодически чередующихся возвышенностей и впадин, у которых расстояния между смежными возвышенностями или впадинами превышают базовую длину l . Стандартами определен нормируемый параметр волнистости W_z (рис. 1.11).

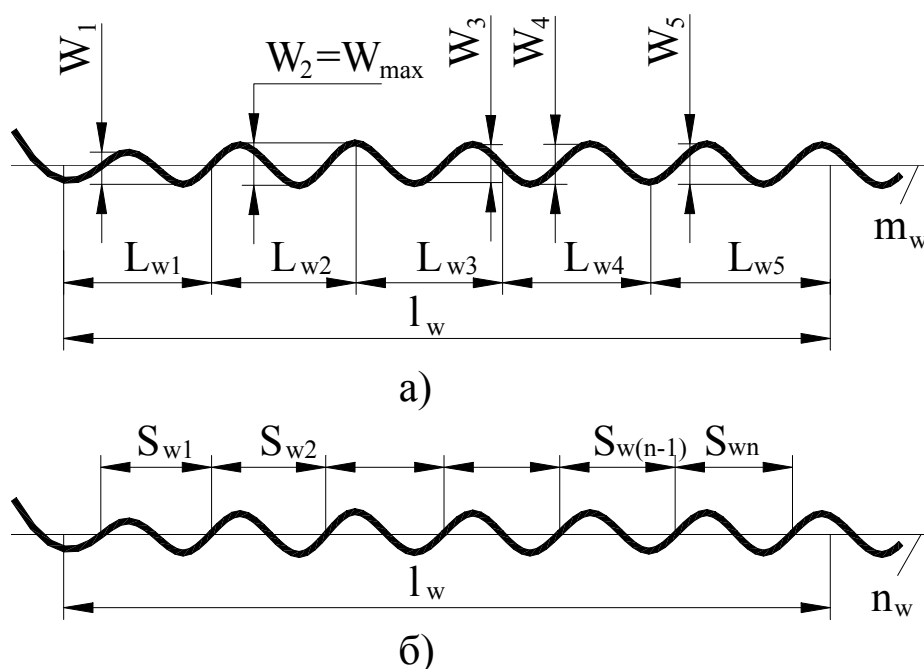


Рис. 17.11. Волнистость

Высота волнистости W_z – среднее арифметическое из пяти ее значений, определенных на длине участка измерения l_w , равного не менее пяти действительных наибольших шагов волнистости:

$$W_z = \frac{1}{5}(W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5). \quad (17.10)$$

Числовые предельные значения волнистости W_z выбираются из ряда (мкм): 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100; 200.

Средний шаг волнистости S_w – среднее арифметическое значение расстояний S_{wi} между одноименными сторонами соседних волн, измеренных по средней линии m_w профиля.

0,06; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25. Чем больше размеры неровностей, тем больше должна быть базовая длина.

Количественную оценку шероховатости проводят по следующим параметрам:

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля;

R_q – среднее квадратическое отклонение профиля;

R_z – высота неровности профиля;

R_{max} – наибольшая высота неровностей профиля;

S_m – средний шаг неровности;

S – средний шаг неровностей по вершинам;

t_p – относительная опорная длина профиля;

ρ – радиус закругления впадин и выступов.

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a – среднее значение расстояний (y_1, y_2, \dots, y_n) от точек измеренного профиля до средней линии, взятых по абсолютному значению:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|. \quad (17.11)$$

Среднее квадратическое отклонение профиля R_q определяется как квадратный корень из среднего значения квадратов отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l y(x)^2 dx} \approx \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2}. \quad (17.12)$$

Высота неровности профиля R_z – по десяти точкам – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 y_{pi} + \sum_{i=1}^5 y_{vi} \right). \quad (17.13)$$

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

Средний шаг неровностей S_m – среднее значение шага неровностей по средней линии m в пределах базовой длины, определяемое как расстояние между одноименными сторонами соседних неровностей:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}. \quad (17.14)$$

Средний шаг неровностей по вершинам S – среднее значение расстояний между вершинами характерных неровностей в пределах базовой длины:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i. \quad (17.15)$$

Числовые значения параметров шероховатости R_a, R_z, R_{max}, S_m и S

нормированы. Их выбирают из стандартных рядов. Параметры R_q и ρ не нормированы.

Относительная опорная длина профиля, %,

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} 100, \quad (17.16)$$

где η_p – сумма длин отрезков b_i , отсекаемых на выступах профиля заданной линией, эквидистантной средней линии в пределах базовой длины.

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i. \quad (17.17)$$

Здесь n – число отсекаемых отрезков в пределах базовой длины.

Относительная опорная длина профиля t_p характеризует фактическую опорную площадь, от которой в большой степени зависят износостойкость подвижных соединений, прочность прессовых посадок и размер пластической деформации поверхностей при их контактировании.

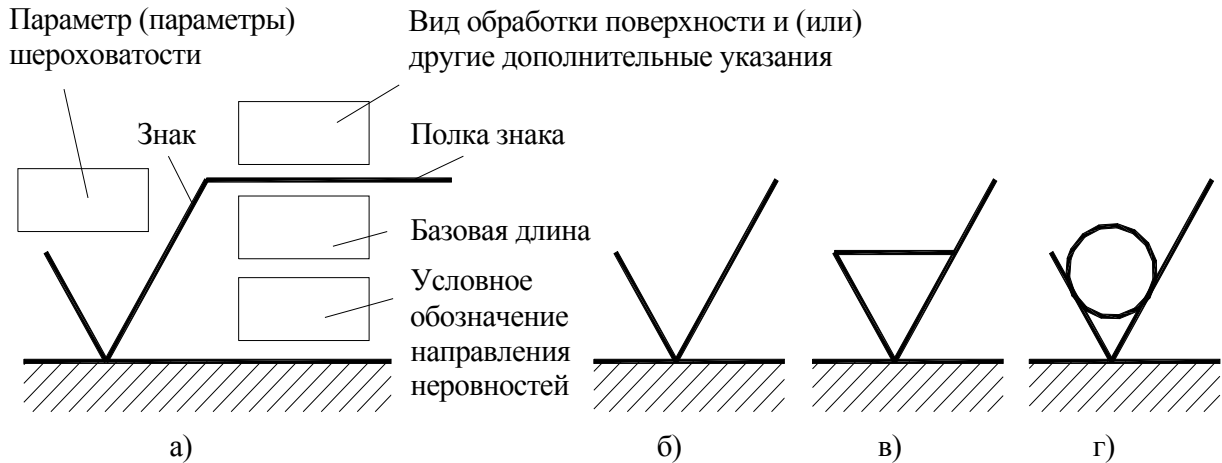
Опорная длина профиля η_p определяется на уровне сечения P , т.е. на заданном расстоянии между линией выступов и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов.

Уровень сечения профиля от линии выступов, %,

$$p = \frac{P}{R_{\max}} 100. \quad (17.18)$$

Числовые значения t_p и P нормированы, и их выбирают из стандартных рядов.

Обозначение шероховатости поверхностей. Согласно ГОСТ 2.309 шероховатость обозначают для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей детали, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции. Структура обозначения шероховатости приведена на рис. 17.13а. В обозна-



чении шероховатости поверхности, вид которой конструктор не устанавливает, применяется знак, показанный на рис. 1.13б; этот знак является предпочтительным. В обозначении шероховатости поверхности, образуемой при удалении слоя материала, например, точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием, полированием, травлением и т.п., применяют знак, указанный на рис. 1.13в. В обозначении шероховатости поверхности, образуемой без снятия слоя материала, например литьем, ковкой, объемной штамповкой, прокатом, волочением и т.п., применяют знак, показанный на рис. 1.13г; поверхности, не обрабатываемые по данному чертежу, обозначают этим же знаком.

Значение параметра шероховатости R_a указывают в ее обозначении без символа, например 0,5; для остальных параметров – после соответствующего символа, например R_{max} 6,3; S_m 0,63; S 0,32; R_z 32; t_{50} 70. Здесь указаны наибольшие допустимые значения параметров шероховатости; их наименьшие значения не ограничиваются.

Обозначения шероховатости поверхностей на изображении детали (рис. 17.14) располагают на линиях контура, выносных линиях (по возмож-

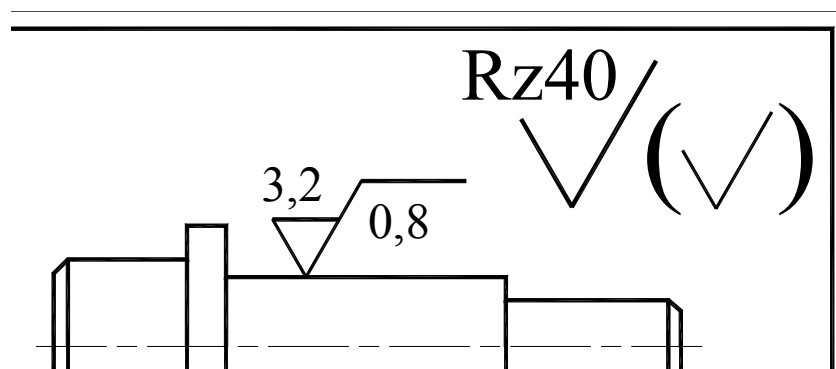


Рис. 17.14. Обозначение шероховатости

ности ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок. При недо-

статке места допускается располагать обозначения шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, а также разрывать выносную линию. При указании одинаковой шероховатости для части поверхности детали в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и знак, показанный на рис. 17.13б.