

## **Тема: ОСНОВЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ**

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ
2. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ И ТОЧНОСТЬ
3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗМЕРАХ, ПРОСТАВЛЯЕМЫХ НА ЧЕРТЕЖАХ ДЕТАЛЕЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ ПОСАДОК
5. СХЕМАТИЧЕСКОЕ ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ
6. СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК
7. ВЫБОР И НАЗНАЧЕНИЕ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК
8. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОСТАНОВКЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ
9. КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗМЕРОВ
10. ПОНЯТИЕ О БАЗАХ И БАЗОВЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ
11. ПОНЯТИЕ О РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЯХ
12. ГРУППИРОВАНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ
13. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ И ЕЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ
14. УКАЗАНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ ДОПУСКОВ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

# 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

Сборка машин и механизмов, удовлетворяющих предъявляемым требованиям, должна производиться без подгонки (доработки) деталей, что возможно лишь тогда, когда они выполняются **взаимозаменяемыми**. .

**Взаимозаменяемыми** могут быть детали, сборочные единицы и изделия в целом. В первую очередь, такими должны быть те детали и сборочные единицы, от которых зависят надежность, долговечность и другие эксплуатационные показатели изделий. Это требование, естественно, распространяется и на запасные части.

Таким образом, разработка чертежей и технических условий с указанием требуемой точности размеров и других параметров детали и сборочных единиц изделия в целом, обеспечивающей их высокое качество, является первой составной частью **принципа взаимозаменяемости**, выполняемой в процессе конструирования изделий.

Рабочий чертеж, в котором указаны точностные требования, является исходным и директивным документом, по которому проектируют и контролируют технологические процессы, а также проверяют точность готовой продукции.

Любая несложная замена вышедшей из строя детали на запасную стала возможной в современном массовом производстве машин благодаря применению принципа **взаимозаменяемости**.

Под **взаимозаменяемостью** в машиностроении понимают такой принцип конструирования, производства и эксплуатации промышленных изделий, при котором изготовленные в разное время и на разных станках одинаковые детали собирают в сборочную единицу без подгонки, подбора или дополнительной обработки.

Основным условием взаимозаменяемости является изготовление деталей с определенной точностью, в пределах заранее установленных допустимых отклонений от расчетных размеров и формы.

*Точность* — это степень приближения фактического размера к размеру, указанному на чертеже детали. Но получить высокую точность даже после самой тщательной механической обработки детали не так-то легко, а получить абсолютную, идеальную точность вообще невозможно. Происходит это по целому ряду причин.

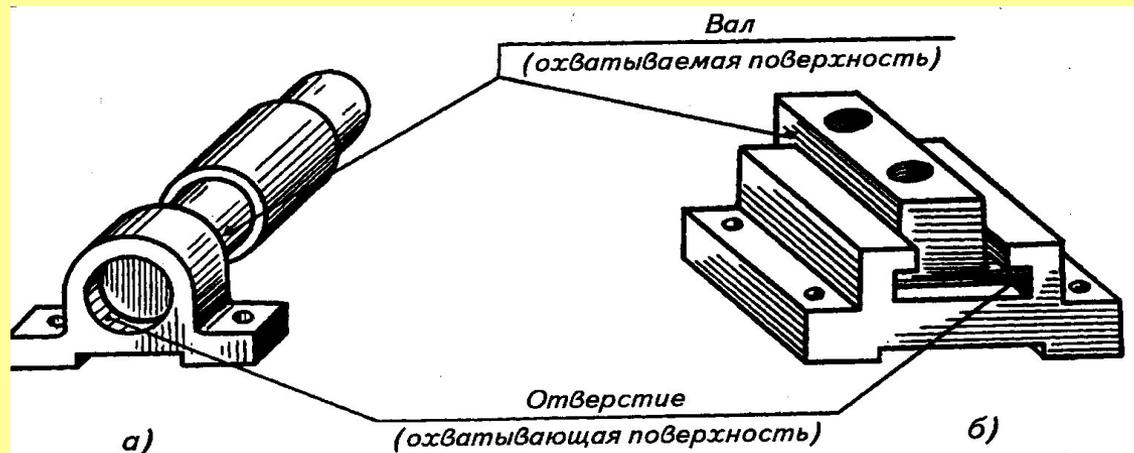
Требуемая точность обработки той или иной поверхности зависит от назначения детали, ее роли в работе машины и характера соединения ее поверхности с поверхностями других деталей.

### 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗМЕРАХ, ПРОСТАВЛЯЕМЫХ НА ЧЕРТЕЖАХ

В соединении двух деталей, входящих одна в другую, различают **охватывающую** и **охватываемую** поверхности. Наиболее распространены в машиностроении соединения деталей с гладкими цилиндрическими и плоскими параллельными поверхностями (рис. 5.1).

У цилиндрических соединений поверхность отверстия охватывает поверхность вала. Охватывающая поверхность называется отверстием, охватываемая — валом. Названия отверстие и вал условно применяются и к другим нецилиндрическим охватывающим и охватываемым поверхностям (рис. 5. 1). На рабочих чертежах, в первую очередь, проставляют размеры, которыми оценивают количественно геометрические параметры деталей.

**Размер** — это числовое значение линейной величины (диаметра, длины, высоты и т. п.). Размеры подразделяются на номинальные, действительные и предельные.



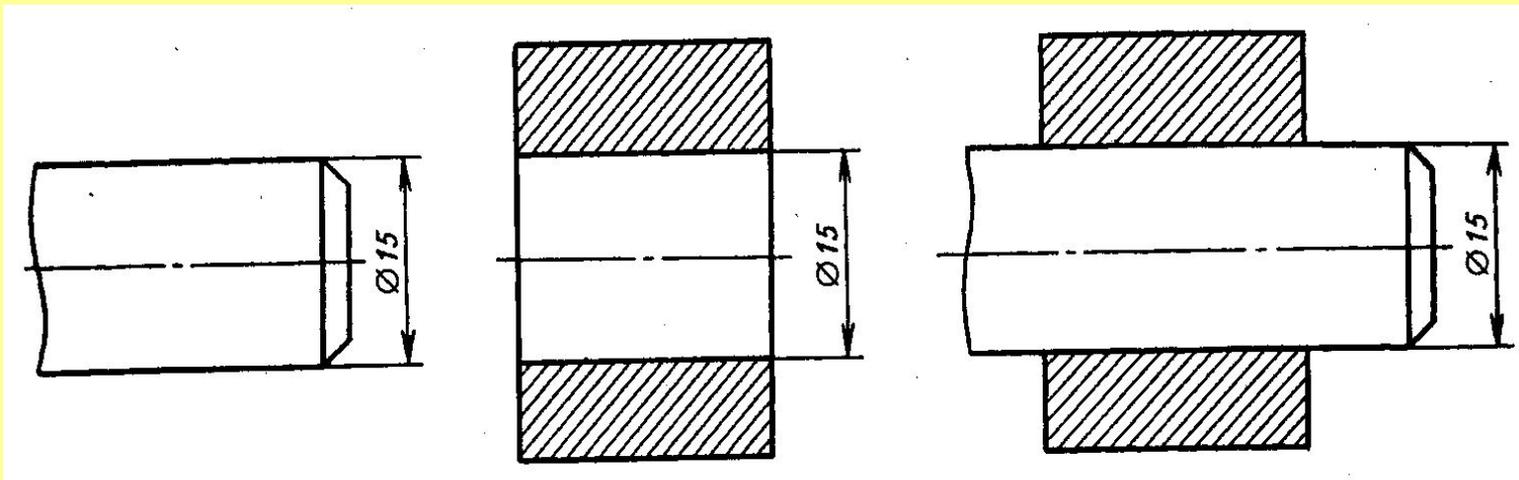
### 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗМЕРАХ, ПРОСТАВЛЯЕМЫХ НА ЧЕРТЕЖАХ

5

*Номинальным* размером (рис. 5.2) называется основной размер детали, рассчитанный с учетом ее назначения и требуемой точности.

Номинальный размер соединений — общий (одинаковый) размер для отверстия и вала, составляющих соединение. Номинальные размеры деталей и соединений выбирают не произвольно, а по ГОСТУ 6636 — 69 «Нормальные линейные размеры».

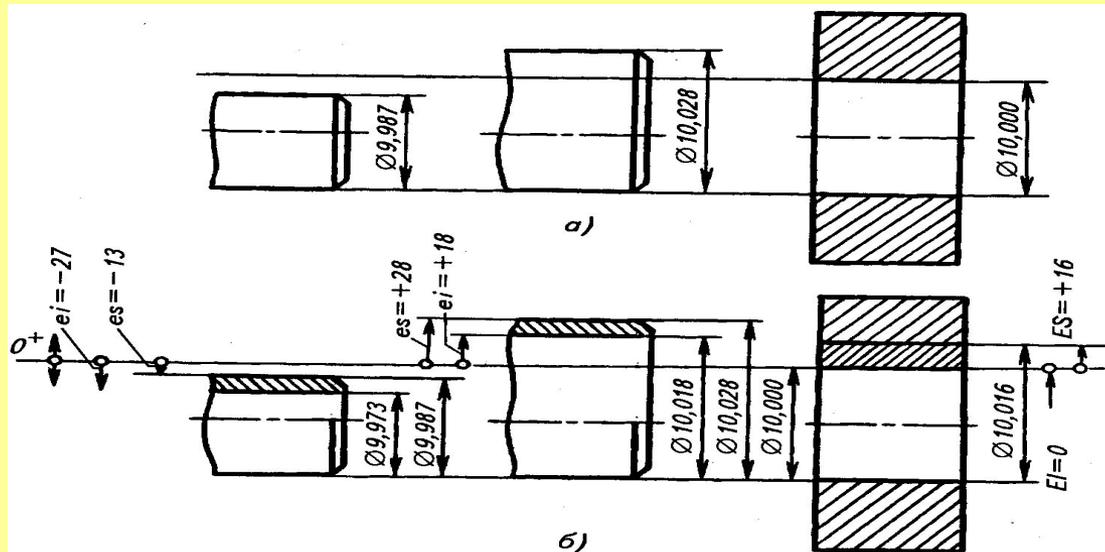
В производстве номинальные размеры не могут быть выдержаны: действительные размеры всегда в большую или меньшую сторону отличаются от номинальных. Поэтому, помимо номинальных (расчетных), различают также действительные и предельные размеры.



### 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗМЕРАХ, ПРОСТАВЛЯЕМЫХ НА ЧЕРТЕЖАХ

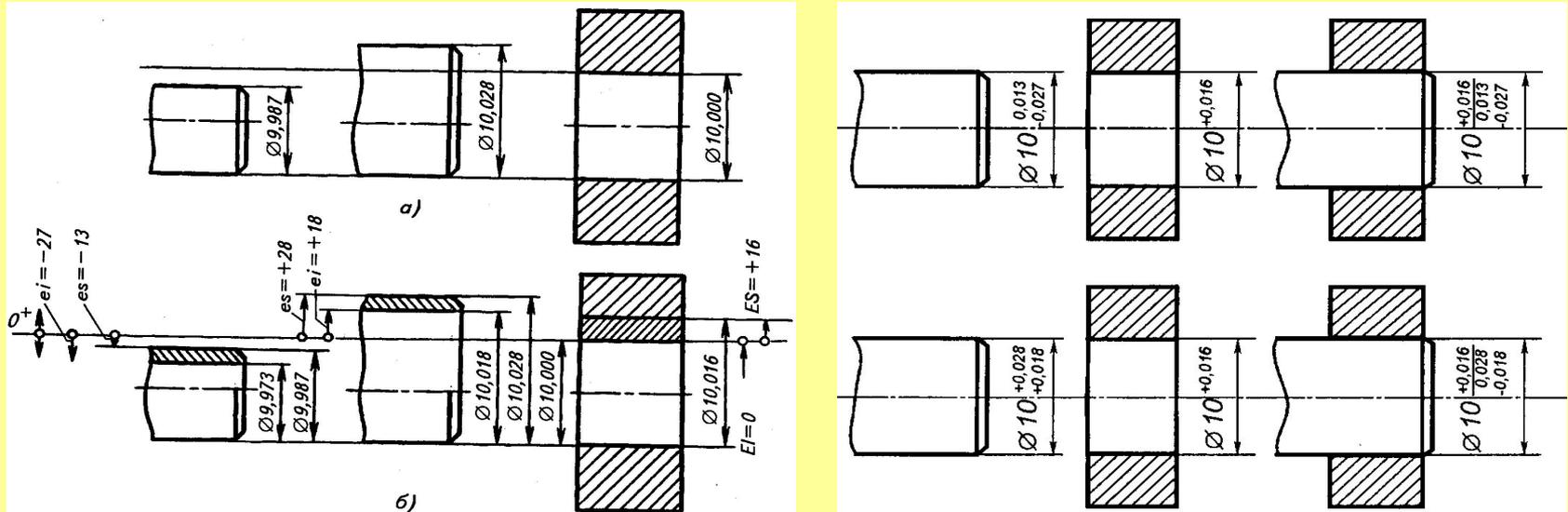
В качестве примера обратимся к рис. 5.3. Для неподвижного соединения при номинальном диаметре  $\varnothing 10$  мм достаточно взять вал диаметром  $\varnothing 10,028$  мм, а отверстие диаметром  $\varnothing 10,000$  мм, то есть размер вала больше размера отверстия всего на  $0,028$  мм (рис. 5.3, а). При размерах вала  $\varnothing 9,987$  мм и отверстия  $\varnothing 10,000$  мм, когда вал меньше отверстия всего на  $0,013$  мм, при том же номинальном диаметре будет обеспечиваться легкое вращение вала в отверстии.

Приведенные на рис. 5.3, а размеры валов и отверстия определяют характер соответствующих соединений (посадок), однако они недостаточны для серийного и тем более массового изготовления деталей.



### 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗМЕРАХ, ПРОСТАВЛЯЕМЫХ НА ЧЕРТЕЖАХ

Практически чрезвычайно сложно изготовлять детали точно по одному размеру, например  $\varnothing 10,000$  или  $\varnothing 10,028$  мм. Для этого необходимо назначать допустимую неточность изготовления деталей, указав на чертеже (рис. 5.3, б) еще по одному размеру для каждой детали, например, размеры 10,018 и 9,973 мм — для валов и размер 10,016 мм — для отверстия. Таким образом, установленные два размера для каждой детали являются предельными. Они определяют точность изготовления детали. Чем меньше разность между предельными размерами (допуск), тем точность выше, и наоборот. Предельные размеры — это два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер. Большой из двух предельных размеров называют наибольшим, а меньший — наименьшим. Предельные размеры могут быть больше или меньше номинального и могут совпадать с номинальным размером. Все эти случаи представлены на рис. 5.4. .



### 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗМЕРАХ, ПРОСТАВЛЯЕМЫХ НА ЧЕРТЕЖАХ

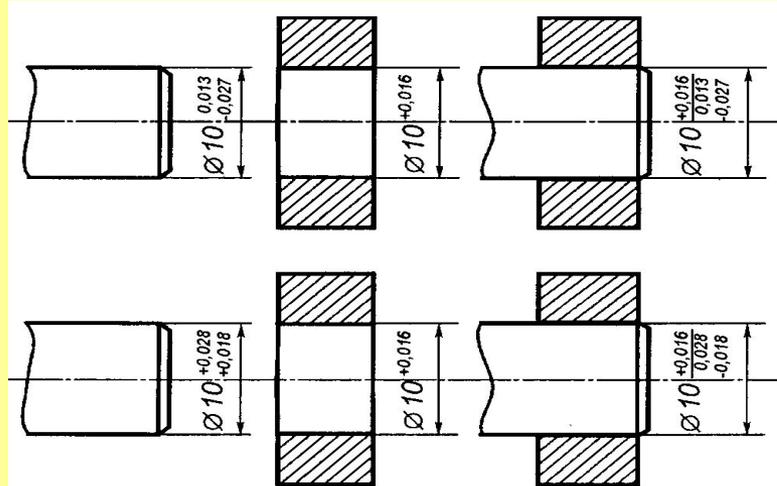
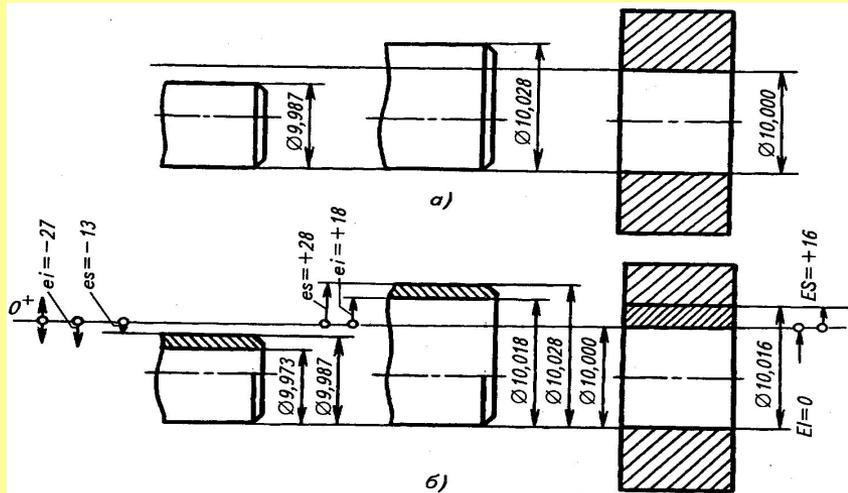
Для наиболее распространенных изделий общего назначения предельные размеры установлены стандартами. Таким образом, предельные размеры определяют характер соединения деталей и их допустимую неточность изготовления.

**Предельные и действительные отклонения.** Для обеспечения взаимозаменяемости на чертежах необходимо вместо номинального размера указывать по два предельных размера. Но это сильно усложняет чертежи. В связи с этим предельные размеры принято выражать посредством отклонений.

*Предельное отклонение* — это алгебраическая разность между предельными и номинальными размерами. Различают верхнее и нижнее предельные отклонения.

*Верхнее отклонение* — алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным размером. В соответствии со стандартом верхнее отклонение отверстия обозначается  $ES$ , вала —  $es$ .

*Нижнее отклонение* — алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным размером. Нижнее отклонение отверстия обозначается  $EI$ , вала —  $ei$ .



Допуск Т (начальная буква французского слова Tolerance — допуск) — разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

Стандартом ГОСТ 25346 — 89 введено понятие допуск системы — это стандартный допуск, установленный системой допусков и посадок. Допуски системы в ЕСДП (единая система допусков и посадок) обозначаются: IT01, IT0; IT1, ..., IT17. Буквы IT обозначают «допуск ИСО» (Международная организация по стандартизации, рекомендации которой легли в основу ЕСДП). Так, IT7 обозначает допуск по 7-му квалитету ИСО.

Величина допуска не совсем полно характеризует точность обработки. Например, у вала  $\varnothing 8-0,03$  мм и вала  $\varnothing 64-0,03$  мм величина допуска одинаковая и равна 0,03. Но обработать вал  $\varnothing 64 -0,03$  мм значительно труднее, чем вал  $\varnothing 8-0,03$  мм.

В качестве единицы точности, с помощью которой можно выразить зависимость точности от диаметра  $d$ , установлена единица допуска  $i(I)$ .

Чем больше единиц допуска содержится в допуске системы, тем больше допуск и, следовательно, меньше точность, и наоборот. Число единиц допуска, содержащихся в допуске системы, определяется квалитетом точности.

Под *квалитетом* понимается совокупность допусков, изменяющихся в зависимости от номинального размера. Квалитеты охватывают допуски сопрягаемых и несопрягаемых деталей. Для нормирования различных уровней точности размеров от 1 мм до 500 мм в системе ЕСДП установлено 19 квалитетов: 01; 0; 1; 2 ... 17. .

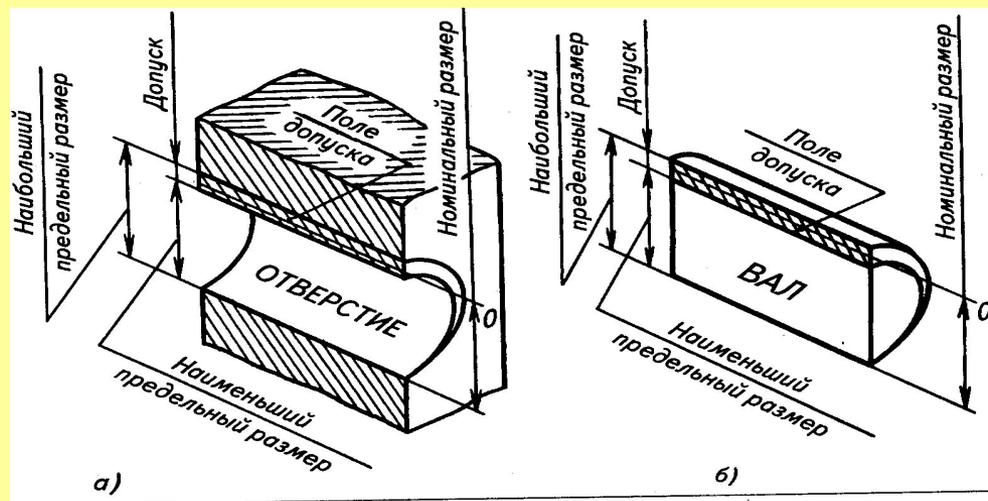
### 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗМЕРАХ, ПРОСТАВЛЯЕМЫХ НА ЧЕРТЕЖАХ

В настоящее время допуски измерительных инструментов и устройств — ИТО1 — ИТ7, допуски размеров в посадках — ИТ3,..., ИТ13, допуски неответственных размеров и размеров в грубых соединениях — ИТ14,..., ИТ17.

Для каждого качества на основе единицы допуска и числа единиц допуска закономерно построены ряды полей допусков.

Поле допуска — поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Определяется оно величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении (рис. 5.5) поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии.

Все поля допусков для отверстий и валов обозначаются буквами латинского алфавита: для отверстий — прописными (A, B, C, D и т.д.) и для валов — строчными (a, b, c, d и т.д.). Ряд полей допусков обозначаются двумя буквами, а буквы O, W, Q и L не используются.



### 3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗМЕРАХ, ПРОСТАВЛЯЕМЫХ НА ЧЕРТЕЖАХ

Разберем теперь сущность некоторых понятий. Допустим, что для какой-нибудь детали задан основной расчетный размер 25 мм. Это номинальный размер. В результате неточностей обработки действительный размер детали может оказаться больше или меньше номинального. Однако действительный размер должен колебаться только в известных пределах. Пусть, например, наибольший предельный размер равен 25,028 мм, а наименьший предельный размер — 24,728 мм. Значит, допуск размера, характеризующий требуемую точность обработки детали, равен  $25,028 - 24,728 = 0,300$  мм.

Как уже указывалось, на чертежах обозначают не предельные размеры, а номинальный размер и допускаемые отклонения — верхнее и нижнее. Для рассматриваемой детали верхнее предельное отклонение будет равно:  $25,028 - 25 = 0,028$  мм; нижнее предельное отклонение:  $24,728 - 25 = 0,272$  мм.

Размер детали, проставляемый на чертеже, —  $25^{+0,028}_{-0,272}$ . Верхнее предельное отклонение размера пишется над нижним. Значения отклонений записываются более мелким шрифтом, чем номинальный размер. Знаки «плюс» и «минус» показывают, какое действие нужно произвести, чтобы подсчитать наибольший и наименьший предельные размеры. Если нижнее и верхнее предельные отклонения равны, как указано выше, то в этом случае размер шрифта у номинального размера и у равных абсолютных величин отклонений одинаковый. Если одно из отклонений равно нулю, то его совсем не указывают. В этом случае плюсовое отклонение наносят на место верхнего, а минусовое — на место нижнего предельного отклонения.

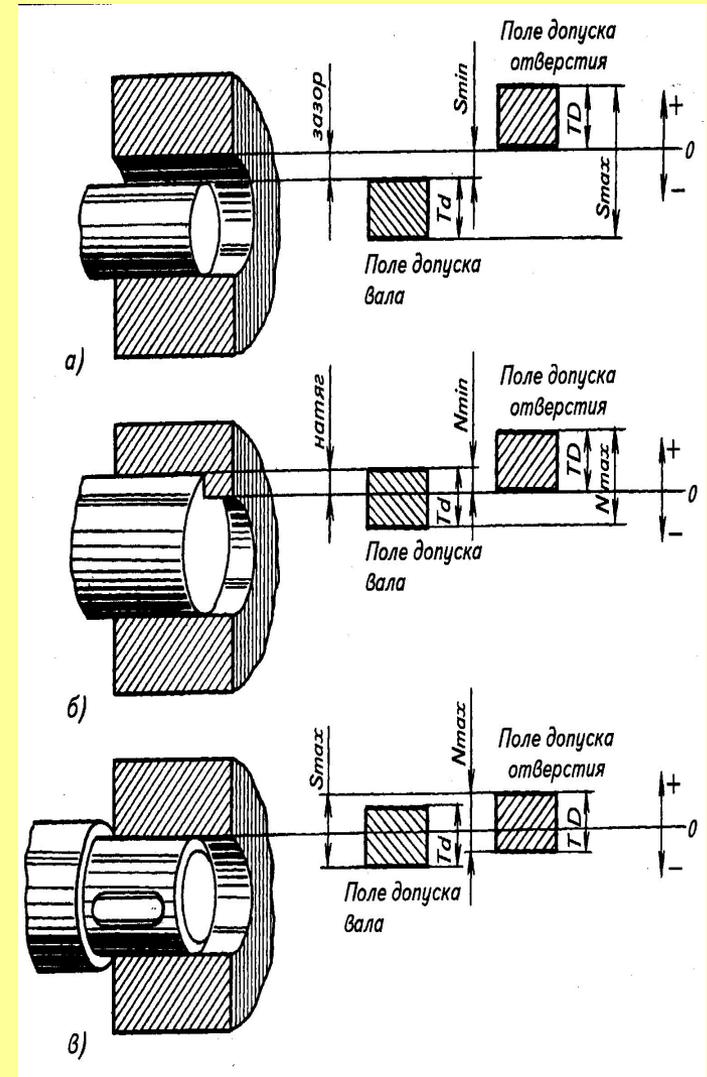
## 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ ПОСАДОК

Любая операция сборки деталей заключается в необходимости соединить или, как говорят, «посадить», одну деталь на другую — отсюда и условно принятое в технике выражение посадка для обозначения характера соединения деталей.

Одни соединения допускают определенную свободу движения деталей относительно друг друга; другие, наоборот, обеспечивают неподвижность соединенных деталей.

Так, например, рабочий шкив ременной передачи должен быть плотно (неподвижно) насажен на вал, а холостой шкив может свободно вращаться на неподвижной оси.

Применение тех или иных посадок соответствует замыслу конструктора при проектировании машины.

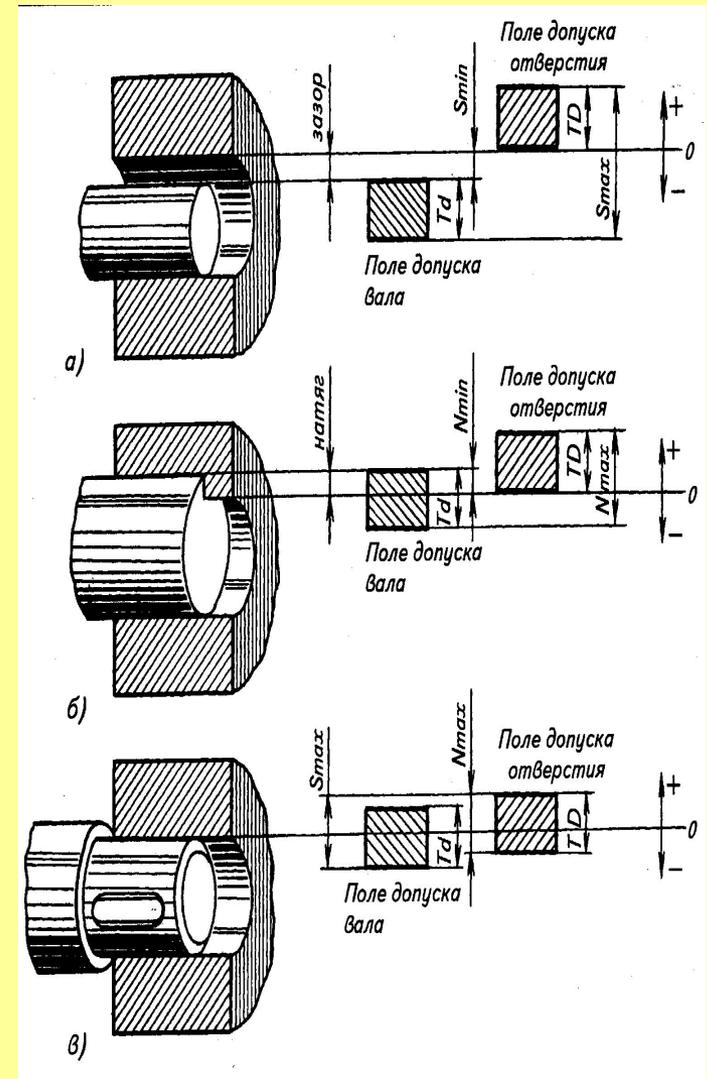


## 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ ПОСАДОК

Таким образом, под словом посадка понимается не конструкция самого соединения, а степень подвижности собранных деталей относительно друг друга. Сборку двух деталей можно осуществить с зазором (одна деталь свободно входит в другую) или с натягом (для соединения таких деталей необходимо применить усилие).

**Зазором** (рис. 5.6, а) называется разность размеров отверстия  $D$  и вала  $d$ , если размер отверстия больше размера вала. Зазор обеспечивает свободу относительного перемещения деталей. Чем больше зазор, тем больше свобода движений в соединении.

**Натягом** (рис. 5.6, б) называется разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия.



# ПОСАДКИ

Посадки разделяют на три группы:

1. *Посадки с зазором* (подвижные посадки). Для этих посадок диаметр отверстия больше диаметра вала, благодаря этому детали в собранном состоянии обладают свободой взаимного перемещения.

При конструировании машин подвижные посадки выбирают по условиям, в которых будет работать проектируемое соединение. При этом определяется такой зазор, при котором коэффициент трения минимален. Подвижные посадки разделяются между собой установленной величиной зазора. Каждая следующая посадка (в приведенной в табл. 1) характеризуется относительно меньшим зазором по сравнению с предыдущей.

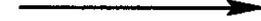
2. *Посадки с натягом* (неподвижные посадки). Для этих посадок диаметр отверстия меньше диаметра вала, что обеспечивает соединение с натягом. Посадки этой группы характеризуются неразъемностью соединений. Такие соединения осуществляются под прессом, при нагреве охватываемой детали (отверстия) или охлаждения охватываемой (вала).

Неподвижные посадки применяют в том случае, когда возникает необходимость исключить возможность относительного перемещения соединенных деталей или передавать крутящий момент без дополнительных средств крепления (шпонки, винты установочные, штифты и т.п.).

3. *Переходные посадки*. Переходными эти посадки названы потому, что до сборки вала и отверстия нельзя сказать, что будет в соединении — зазор или натяг. Это означает, что в переходных посадках диаметр отверстия может быть меньше, больше или равен диаметру вала

Группа переходных посадок предназначена для соединений, которые подвергаются разборке и сборке под легкими ударами деревянного или свинцового молотка.

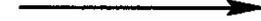
# ТАБЛИЦА ПОСАДКОВ

Допуски	Посадки с зазором	Переходные посадки	Посадки с натягом
Отверстия	<b>A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H</b>	<b>I, K, M, N</b>	<b>P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC</b>
Вала	<b>a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h</b>	<b>i, k, m, n</b>	<b>p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc</b>
	 Уменьшение зазора	Зазор или натяг	 Увеличение натяга

Система ИСО содержит 27 обозначений полей допусков для отверстия, столько же — для валов. Путем сочетания разноименных полей допусков можно получить свыше 700 различных посадок, в которых отверстие и вал будут обозначаться не только одинаковыми, но и разными буквами. Однако одновременное применение всех возможных полей допусков неэкономично, так как это затруднило бы унификацию изделий, размерных инструментов и калибров. Для практического применения рекомендуется ограниченное число предпочтительных посадок (27 посадок в интервалах размеров от 1 до 500 мм).

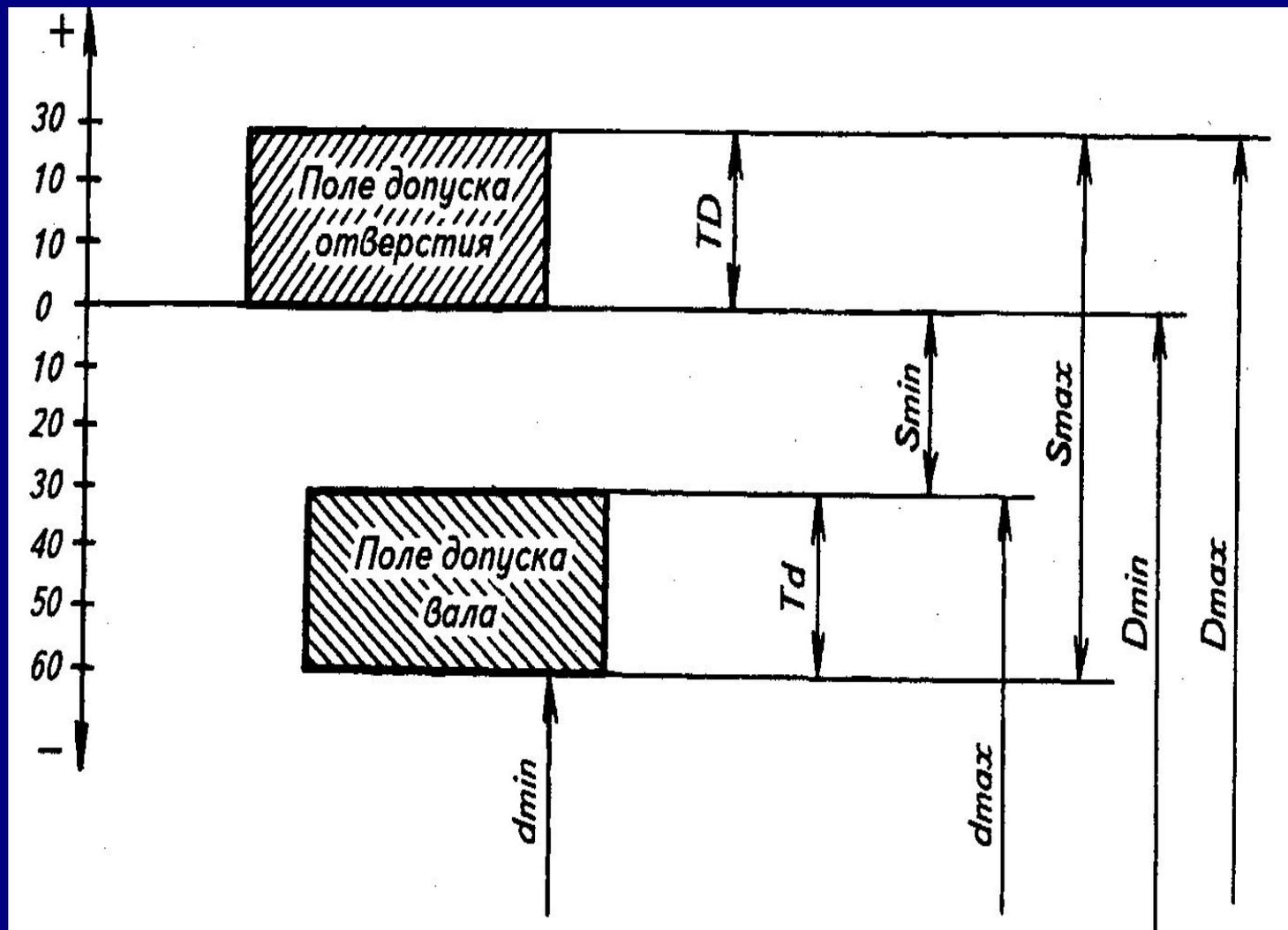
В табл. 1, приводится обозначение полей допусков по группам. Сопоставляя каждую пару одинаковых по значению букв и читая эти ряды слева направо, можно получить 11 посадок с последовательно уменьшающимися зазорами до нулевого, далее 4 переходные посадки и 12 посадок с увеличивающимся натягом. Указанные поля допусков определенным образом сгруппированы по квалитетам.

# ТАБЛИЦА ПОСАДКОВ

Допуски	Посадки с зазором	Переходные посадки	Посадки с натягом
Отверстия	<b>A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H</b>	<b>I, K, M, N</b>	<b>P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC</b>
Вала	<b>a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h</b>	<b>i, k, m, n</b>	<b>p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc</b>
	 Уменьшение зазора	Зазор или натяг	 Увеличение натяга

Поле допуска в ЕСДП образуется сочетанием основного отклонения (характеристика расположения) и качества (характеристика допуска). Соответственно условное обозначение поля допуска состоит из буквы основного отклонения и числа — номера качества, например: поля допусков валов: h6; d10; s7; поля допусков отверстий: H6, D10, S7.

Посадка образуется сочетанием полей допусков отверстия и вала. Условное обозначение посадки выполняется в виде дроби или в одну строку, причем в числителе или на первом месте указывается обозначение поля допуска отверстия, а в знаменателе или на втором месте — вала, например: H8/f7; H8-f7.



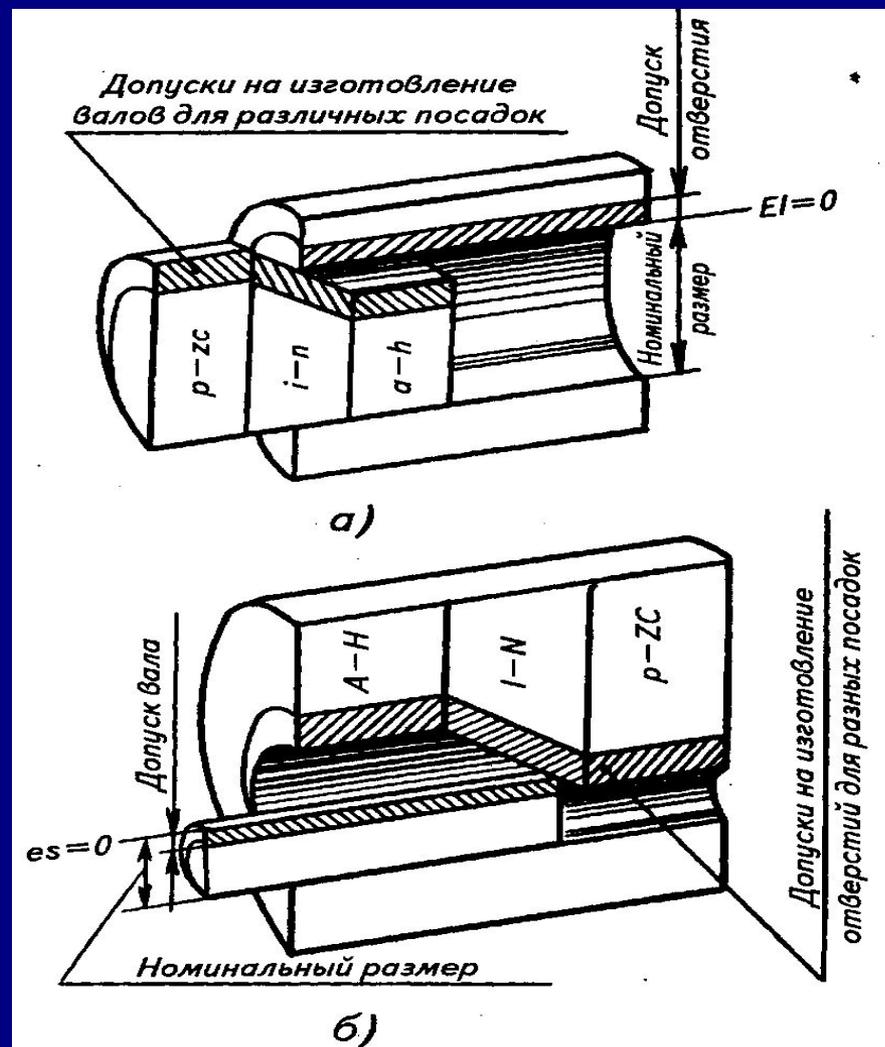
## 6. СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК

Системой допусков и посадок называется закономерно построенная совокупность стандартизованных допусков и предельных отклонений размеров деталей, а также посадок, образованных отверстиями и валами, имеющими стандартные предельные отклонения.

Стандартом предусматривается возможность использования двух систем допусков и посадок: **системы отверстия** и **системы вала**.

В **системе отверстия** предельные размеры отверстия для всех посадок одного класса постоянны, а различные посадки достигаются за счет изменения предельных размеров вала (рис. 5.8, а).

В **системе вала**, наоборот, предельные размеры вала одинаковы для всех посадок заданного класса, а различные посадки создаются за счет изменения предельных размеров отверстия (рис. 5.8, б).



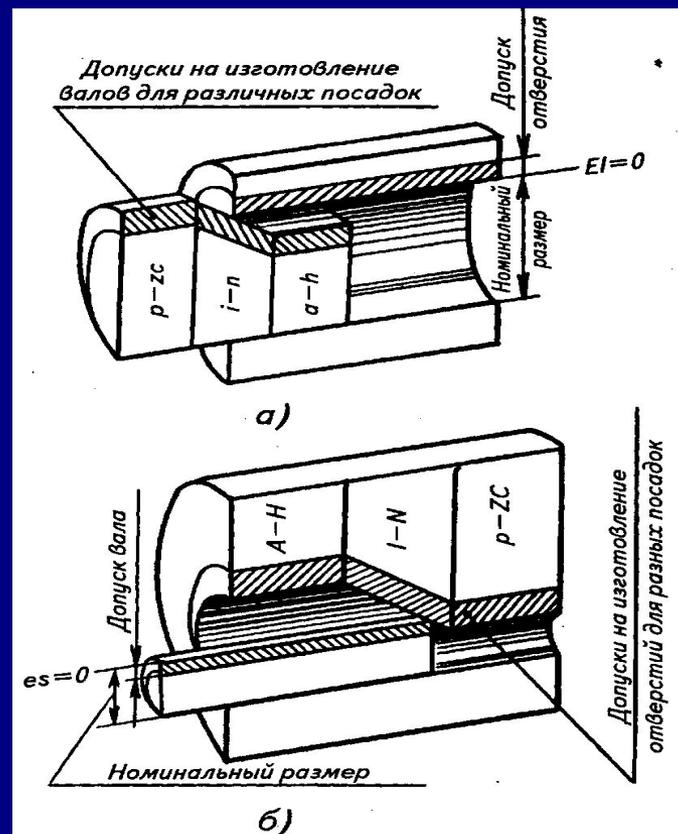
## 6. СИСТЕМА ДОПУСКОВ И ПОСАДОК

**Выбор системы** Отверстия или системы вала для образования той или иной посадки определяется конструктивными, технологическими и экономическими требованиями.

В связи с тем, что точные отверстия обрабатывают дорогостоящим режущим инструментом и изготавливать их сложнее, система отверстия на наших заводах принята как основная. (Система вала применяется только в необходимых случаях.)

Во всех посадках **системы отверстия** (см. рис. 5.8, а) нижнее отклонение отверстия  $Ei = 0$ , то есть нижняя граница поля допуска отверстия, называемого основным отверстием и обозначаемого буквой H, всегда совпадает с нулевой линией.

Во всех посадках **вала** (см. рис. 5.8, б) верхнее отклонение вала  $es = 0$ , то есть верхняя граница поля допуска вала, называемого основным валом и обозначаемого буквой h, всегда совпадает с нулевой линией.



# 7. ВЫБОР И НАЗНАЧЕНИЕ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК

В конструкторской практике применяются в основном следующие методы выбора допусков и посадок.

**Метод подобия.** Он заключается в том, что конструктор отыскивает в однотипных или других машинах, ранее сконструированных и оправдавших себя в эксплуатации, случаи применения составных частей (сборочных единиц), подобных проектируемой, и по аналогии назначает допуски и посадки.

**Расчетный метод.** Этот метод требует согласования квалитетов, допусков и посадок при проектировании машин и других изделий с расчетными величинами.

Вначале, пользуясь табл. 1, следует установить, какая из трех групп посадок необходима для выполнения данным соединением рабочей функции. Теперь обратимся к ГОСТУ 25347 — 82. Из этой таблицы видно, что допуски для отверстий рекомендуется брать на квалитет больше, так как отверстие труднее обработать и измерить. Как уже указывалось, с увеличением квалитета величина допуска становится больше. Далее, пользуясь этим же стандартом, обращаемся к таблице полей допусков 7-го квалитета. Предположим, что необходимо сочленить вал с отверстием Ø36 мм. По таблице определяем величину предельных отклонений для отверстия с полем допуска H7. В интервале размеров от 30 до 40 мм устанавливаем следующие значения предельных отклонений: +250 мкм. Для вала с полем допуска k6 по 6-му квалитету значение предельных отклонений равно:  $^{+0,003}_{-0,013}$  мм. Теперь на эскизе или чертеже детали с отверстием пишем:  $\text{Ø}36^{+25}_{-0,013}$  мм; на эскизе или чертеже вала —  $\text{Ø}36^{+0,003}_{-0,013}$  мм.

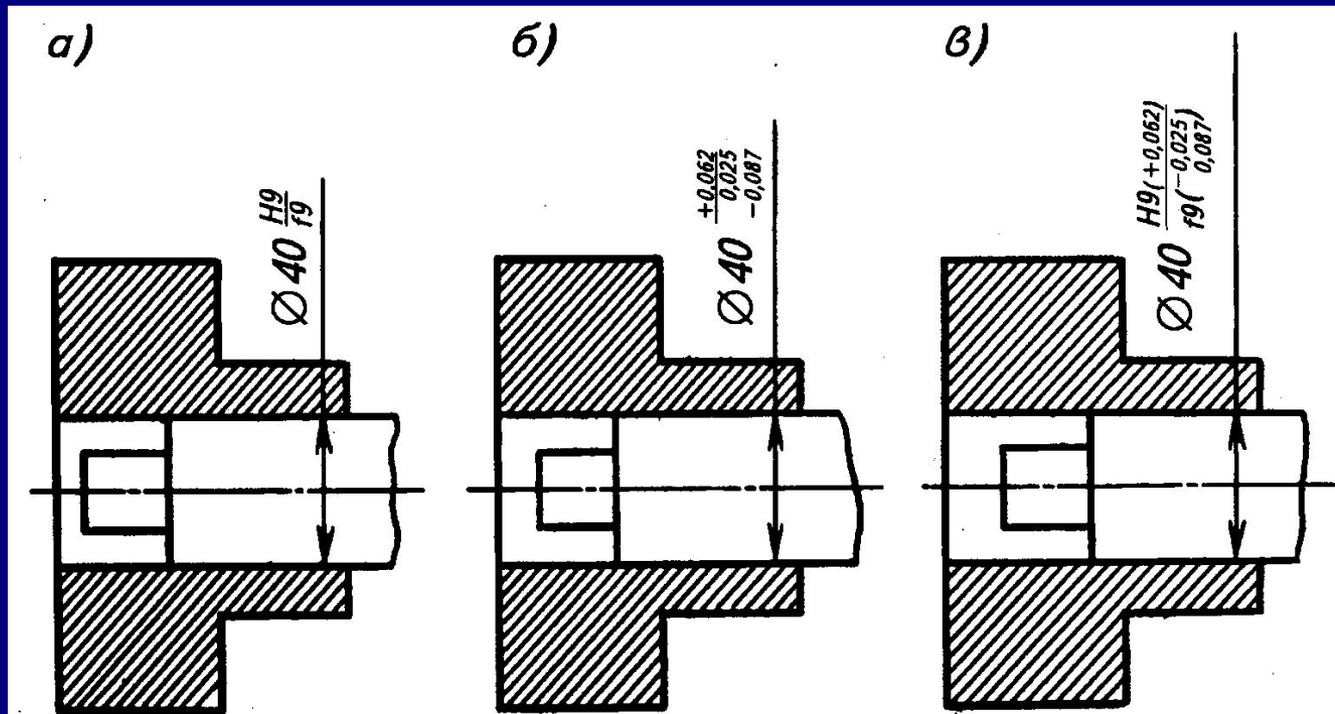
Основное отклонение отверстия	Основные отклонения валов				
	q	h	is	k	m
	Посадки				
H6	$\frac{H6}{q5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{is5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$
H7	$\frac{H7}{q6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{is6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$
H8		$\frac{H8}{q7}$ $\frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{is7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$

Примечание  — предпочтительные посадки

Интервалы размеров, мм	Квалитет 6				Квалитет 7		
	Поля допусков						
	h6	Is6	K6	M6	G7	H7	Is7
	Предельные отклонения, мкм						
Свыше 18 до 24	0	+6,5	+2	-4	+28	+21	+10
Свыше 24 до 30	-13	-6,5	-11	-11	+7	0	-10
Свыше 30 до 40	0	+8	+3	-4	+34	+25	+12
Свыше 40 до 50	-16	-8	-13	-20	+9	0	-12
Свыше 50 до 65	0	+9,5	+4	-5	+40	+30	+15
Свыше 65 до 80	-19	-9,5	-15	-24	+10	0	-15

# НАНЕСЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ НА ЧЕРТЕЖАХ

21



- 1) в числителе — условное обозначение поля допуска отверстия, в знаменателе — условное обозначение поля допуска вала (рис. , а);
- 2) в числителе — числовые значения предельных отклонений отверстия, в знаменателе — числовые значения предельных отклонений вала (рис., б);
- 3) в числителе — условное обозначение поля допуска отверстия с указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений отверстия, в знаменателе — условное обозначение поля допуска вала с указанием справа, в скобках, числовых значений предельных отклонений вала (рис., в).

## 8. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОСТАНОВКЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ

Рационально выбранные изображения и правильно заданные размеры детали облегчают ее изготовление. Тем самым повышается производительность и уменьшается вероятность брака. Простановка размеров на рабочем чертеже детали тесно связана с технологией изготовления детали и условиями ее работы. При нанесении размеров важно правильно сгруппировать их так, чтобы нужный размер было легко отыскать, а также проверить, не нанесен ли он дважды и все ли необходимые размеры поставлены, какие размеры не требуются для изготовления детали и т. п.

Количество размеров на рабочем чертеже должно быть таким, чтобы деталь можно было бы изготовить без применения каких-либо масштабных соотношений, взятых с чертежа. Лишние и дублированные размеры будут помехой в работе с чертежом, поэтому количество размеров на рабочем чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

При простановке размеров на эскизах и чертежах детали, чтобы не пропустить какой-нибудь из размеров, необходимо эту деталь мысленно расчленить на простые геометрические элементы, образующие ее, и задать размеры каждого такого элемента.

Общие правила нанесения размеров и предельных отклонений на чертежах и других технических документах на изделия всех отраслей промышленности и строительства установлены ГОСТом 2.307 — 68. Они не зависят от технологии изготовления деталей и устанавливают технику нанесения размеров с точки зрения рационального оформления чертежей: как следует на чертеже расположить размерные и выносные линии, размерные числа и т.п. Эти же правила содержат указания о достаточности размеров на чертежах геометрических тел.

## 9. КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗМЕРОВ

23

а) *Размеры габаритные* — наибольшие размеры детали по длине, ширине и высоте. В основном эти размеры используются при выборе заготовки детали, подсчете ее массы, контроле размеров в случае установки детали в какое-либо устройство, механизм и т.д., а также при решении вопросов, связанных с транспортировкой, упаковкой и хранением детали.

б) *Размеры конструктивные* — к этой группе можно отнести, например, следующие размеры: внутренний диаметр подшипника скольжения (его вкладышей), наружный диаметр поршня, проходной диаметр клапана, вентиля, крана, число зубьев и модуль зубчатого колеса и т.п.

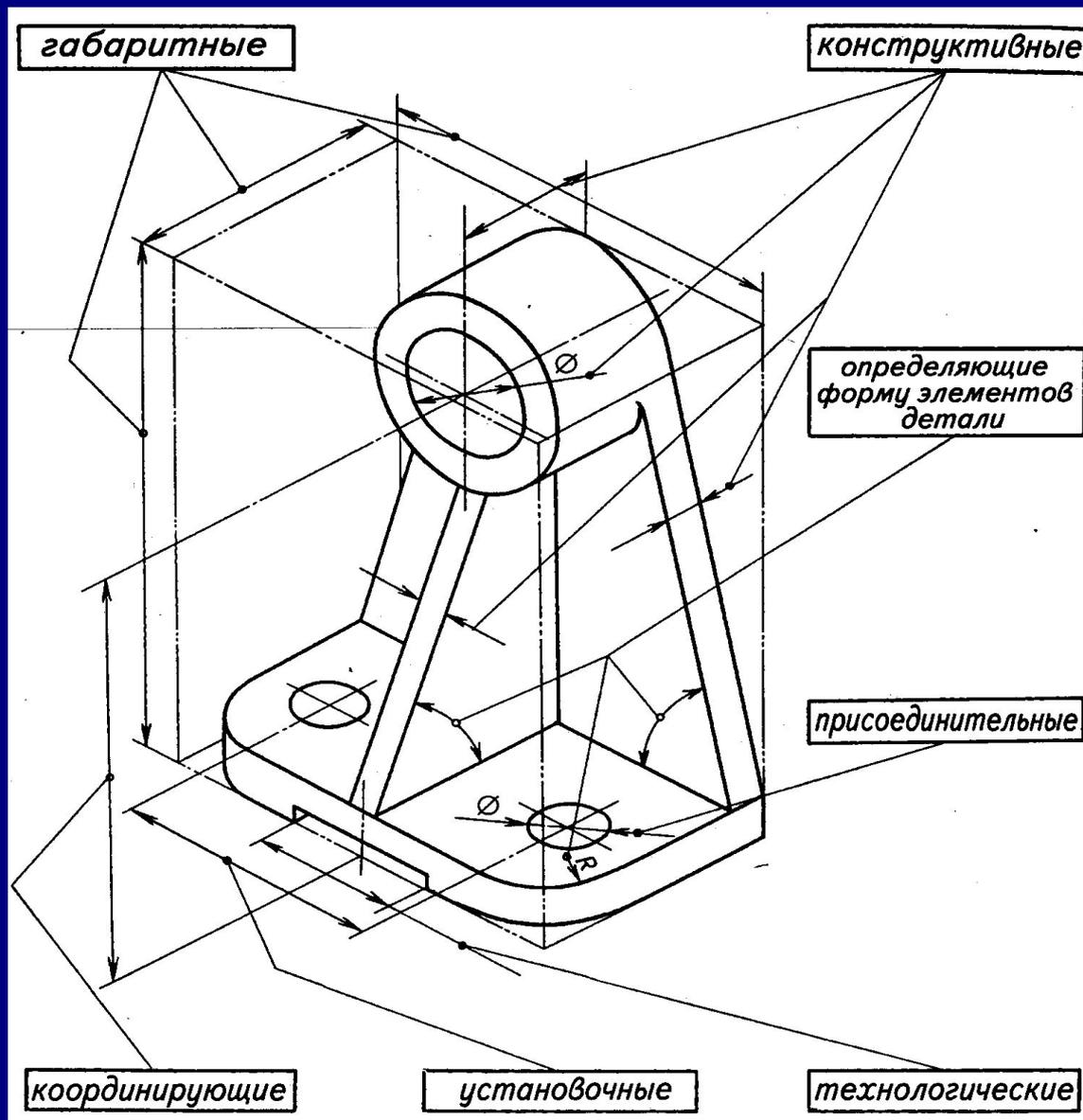
в) *Размеры координирующие* — эти размеры показывают взаимное расположение основных частей детали и помогают контролировать ориентирование детали относительно других в устройстве. Таким размером, например, у кронштейна, является расстояние от его основания до оси поддерживаемого им вала, у шатуна — расстояние между осями крайних рабочих отверстий и т.д.

г) *Размеры установочные и присоединительные* — указывают положение детали в изделии. К ним относятся расстояния между осями валов, расстояния между осями отверстий под болты и шпильки (так называемые межцентровые размеры), размеры элементов фланцевых, шпоночных и других соединений, диаметры резьбовых и проходных отверстий для деталей крепления и т. д.

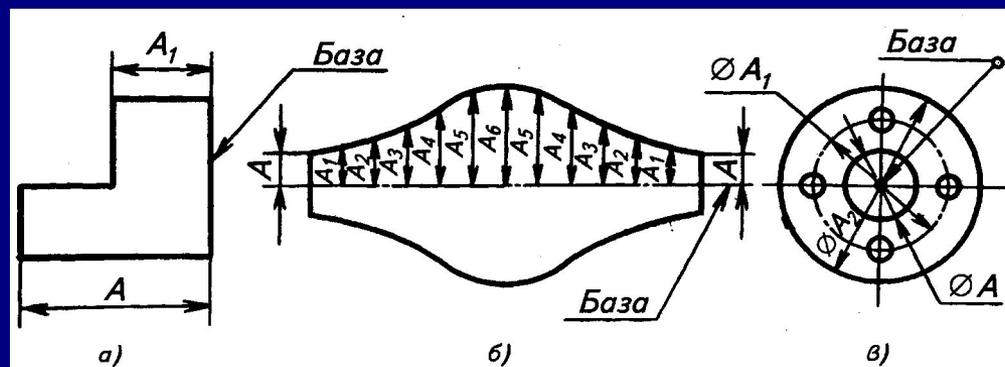
д) *Размеры технологические* — к ним относятся размеры технологических элементов детали (проточек для выхода инструмента, фасок и т.д.), которые назначают согласно данным соответствующих стандартов; размеры шпоночных пазов и зубьев, нарезаемых в теле вала, которые должны быть равны диаметрам соответствующих фрез; размеры некоторых элементов литых, штампованных и пластмассовых деталей.

е) *Размеры, определяющие форму детали*, — различают линейные, угловые, скругления, гибочные, вытяжные и другие размеры, характеризующие форму элементов детали.

# 9. КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗМЕРОВ



# 10. ПОНЯТИЕ О БАЗАХ И БАЗОВЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ



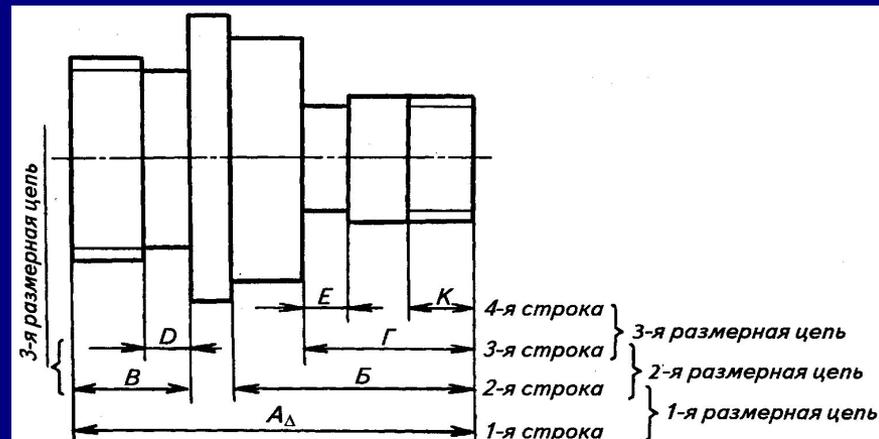
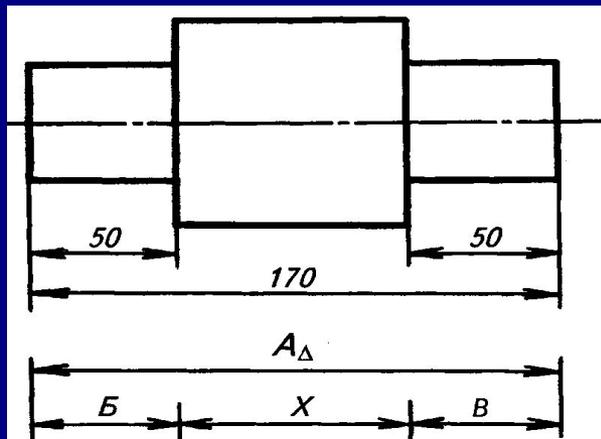
Целесообразно принять следующий порядок простановки размеров: вначале на чертеже проставить габаритные размеры, определяющие наружные контуры детали, затем — все размеры, координирующие положение элементов детали между собой (отверстий, пазов, выступов и пр.), и только после этого нанести остальные размеры.

Простановку размеров необходимо начинать не от произвольно выбранной поверхности детали, а от поверхности, координирующей положение детали, в работе или в процессе ее механического изготовления. Эта поверхность часто называется **базой**.

**База** (ГОСТ 21495 — 76 «Базирование и базы в машиностроении») — это вполне определенные поверхности, линии и точки, выбор которых связывает простановку размеров с технологическим процессом изготовления детали.

В большинстве случаев линейные размеры наносят от боковых обработанных поверхностей (плоскостей, торцов). Так, на чертеже угольника (рис. 5.13, а) база для нанесения размеров — его боковая плоскость. На чертеже развертки шаблона для изготовления сектора (рис. 5.13, б) базой служит осевая линия. И, наконец, на многих деталях типа круглого фланца (рис. 5.13, в) база — центральная точка; от нее ведется отсчет размеров диаметров фланца, центрального отверстия и межцентровых расстояний.

# 11. ПОНЯТИЕ О РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЯХ



На каждую деталь наносят поэлементные размеры, находящиеся во взаимосвязи друг с другом и образующие так называемую *размерную цепь*.

Под *размерной цепью* понимается совокупность взаимосвязанных размеров, образующих замкнутый контур, относящихся к одной или нескольким деталям и координирующих относительное положение поверхностей или осей этих деталей.

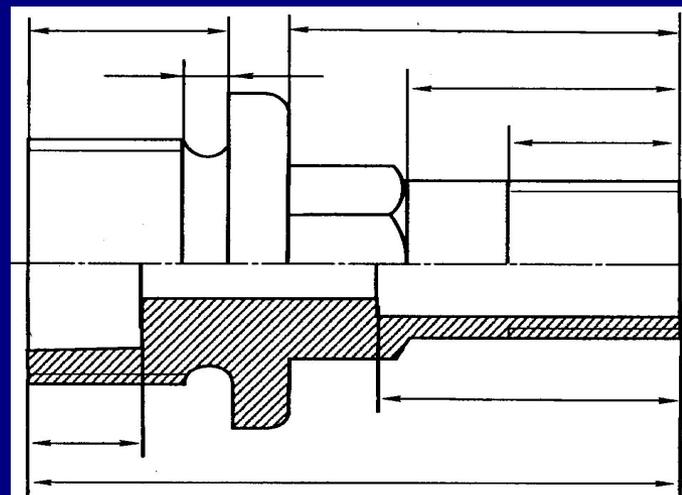
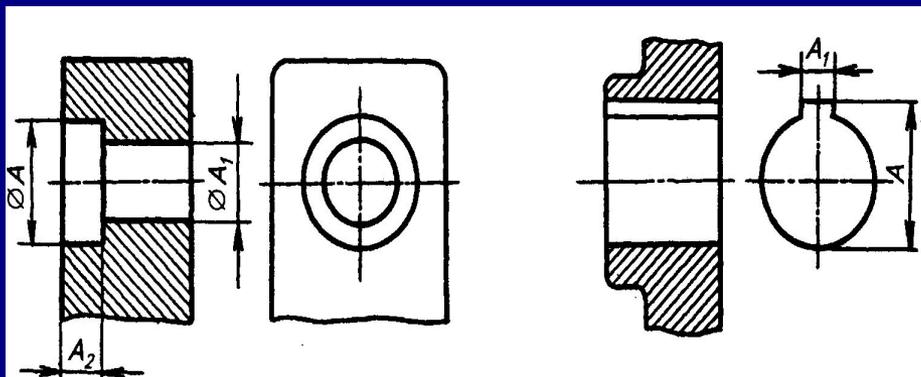
В качестве примера приведен валик (рис. 1), размерная цепь которого состоит из четырех звеньев — двух составляющих  $B$  и  $B$ , одного исходного  $A$  и одного компенсирующего  $X$ . Из схемы размерной цепи видно, что номинальная величина компенсирующего звена  $X = A - (B + B)$ , то есть равна алгебраической разности номинальных размеров исходного звена и суммы составляющих звеньев.

Такое нанесение размеров диктуется следующим обстоятельством: при выполнении детали только по размерам составляющих звеньев погрешности рабочего и измерительного инструмента приводят к ошибке габаритного размера, которая тем больше, чем больше звеньев в размерной цепи.

Поэтому на чертежах деталей сложной формы размеры необходимо наносить по принципу составления нескольких размерных цепей с наименьшим количеством составляющих и обязательным свободным компенсирующим звеном в каждой цепи.

## 12. ГРУППИРОВАНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ

27



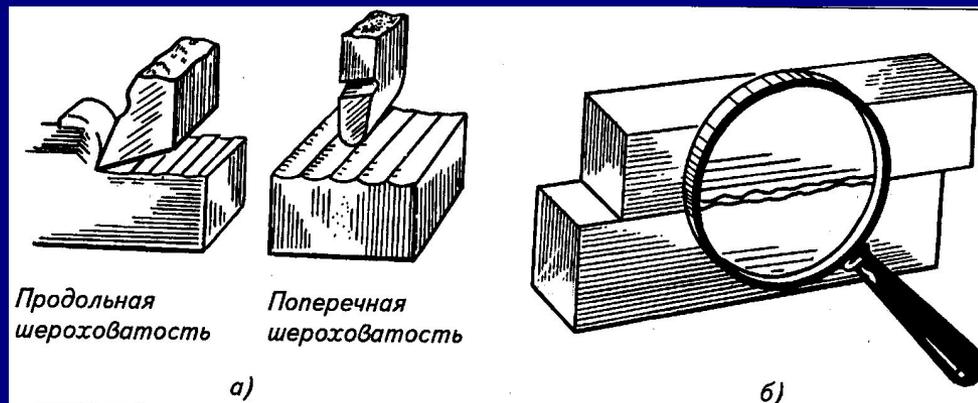
Размеры удобнее наносить справа от изображения (вида) и снизу от него. При таком расположении размеров облегчается чтение чертежей. Кроме того, чертежные инструменты при проведении размерных линий не закрывают изображения детали.

Размеры каждого элемента детали надо группировать так, чтобы они были нанесены в первую очередь на том изображении, которое наиболее полно отражает форму данного элемента (рис. 5.24).

Для наружной и внутренней формы детали размеры наносят отдельными цепочками, которые лучше располагать по разные стороны от проекции детали (рис. 5.25). Это условие помогает отыскать нужный размер и проверить его.

### 13. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ И ЕЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ

28



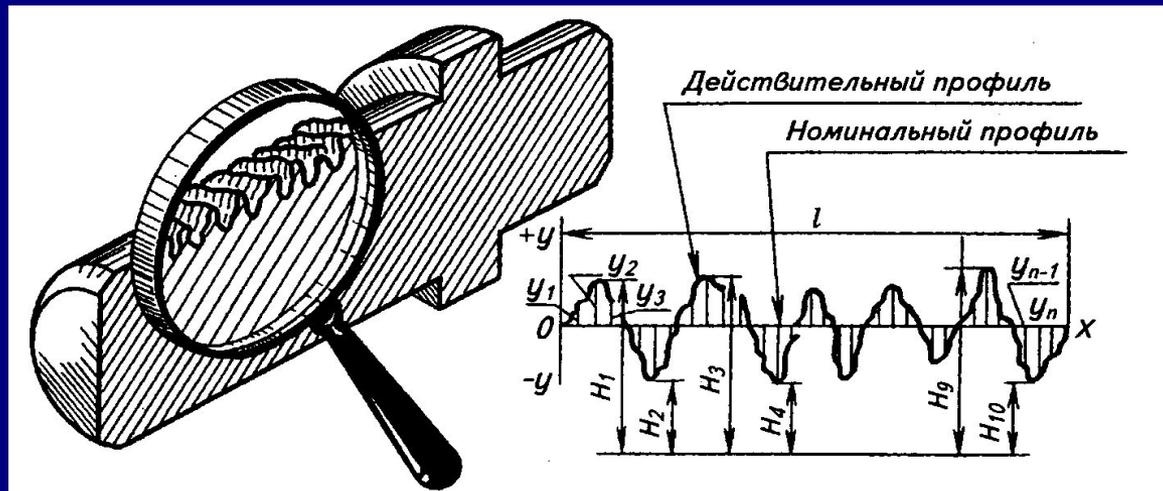
На любой обработанной поверхности при сильном увеличении хорошо заметны следы режущих кромок инструментов и зерен шлифованных кругов в виде близко расположенных друг к другу впадин и гребешков (рис. 5.26, а). Совокупность всех микронеровностей, образующих рельеф поверхности детали, называется *шероховатостью*.

Шероховатость поверхности играет большую роль в работе сопряженных деталей. Она влияет на трение и износ трущихся поверхностей, нагрев деталей, долговечность работы изделия и т. п.

Две сопряженные детали должны плотно прилегать друг к другу по всей поверхности. Однако оставшиеся после обработки шероховатости мешают этому. Соприкосновение деталей происходит по вершинам выступов микронеровностей (рис. 5.26, б), образующим так называемую контактную поверхность. Контактная поверхность обычно всегда меньше реальной, то есть общей поверхности детали. Даже после тонкой шлифовки соединяемых деталей контактная поверхность в 2 — 3 раза меньше номинальной. При обычной же чистовой обработке резцом действительная площадь касания составляет менее 20% реальной.

### 13. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ И ЕЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ

29



В качестве критериев шероховатости поверхности установлено несколько параметров. Рассмотрим из них два основных: среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a$  и высоту неровностей  $R_z$ .

Среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a$  определяется как среднее значение расстояний отдельных точек профиля  $y_1, y_2, \dots, y_n$  до средней линии гребешков  $OX$  (рис. 5.27):

$$R_a = (y_1 + y_2 + \dots + y_n) / n.$$

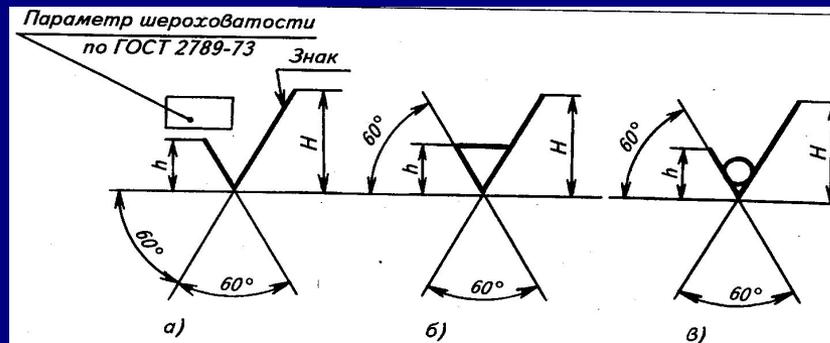
Высоту неровностей профиля по десяти точкам  $R_z$  определяют как среднее значение между пятью высшими точками выступов и пятью низшими точками впадин профиля (перпендикуляры  $H_1, H_2, H_3, \dots, H_{10}$  из высших точек выступов и низших и параллельно средней линии  $OX$ ):

$$R_z = [(H_1 + H_3 + \dots + H_9) - (H_2 + H_4 + \dots + H_{10})] / 5$$

ГОСТ 2789 — 73 устанавливает предельные значения  $R_a$  и  $R_z$ , обозначаемые на чертежах числовой величиной шероховатости в микрометрах.

Пять высших точек выступов и пять низших точек впадин (см. рис. 5.27) берут в пределах базовой длины  $l$  — длины участка поверхности, принятого для измерения шероховатости. .

### 13. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ И ЕЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ



На чертеже наносят обозначение шероховатости всех обрабатываемых поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме тех, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

В обозначении шероховатости поверхности применяют один из знаков, изображенных на рис. 5.28. Высота знака  $h$  должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел. Высота  $H = (1,5 \dots 3)h$ . Толщина линий знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, применяемой на чертеже.

Для обозначения поверхности, вид обработки которой конструктором не устанавливается, применяют знак, изображенный на рис. 5.28, а.

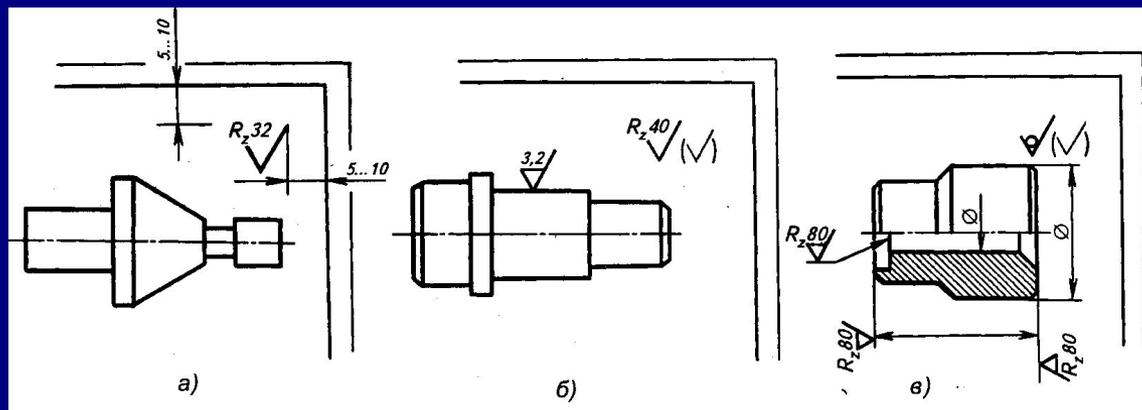
Если поверхность образуется удалением слоя материала, например, точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием, полированием, травлением и т.п., то применяют знак, изображенный на рис. 5.28, б.

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала, например литьем, ковкой, штамповкой, прокатом и т.п., используют знак, изображенный на рис. 5.28, г. Этот же знак используют для поверхности, не обрабатываемой по данному чертежу, то есть не подвергаемой дополнительной обработке.

Значение параметра шероховатости по ГОСТУ 2789 — 73 указывают в обозначении шероховатости: для параметра  $R_a$  — без символа, например, 0,5; для параметра  $R_z$  — после соответствующего символа, например,  $R_z 32$ .

### 13. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ И ЕЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ

31



Обозначения шероховатости на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях по возможности ближе к размерной линии или на полках линий-выносок.

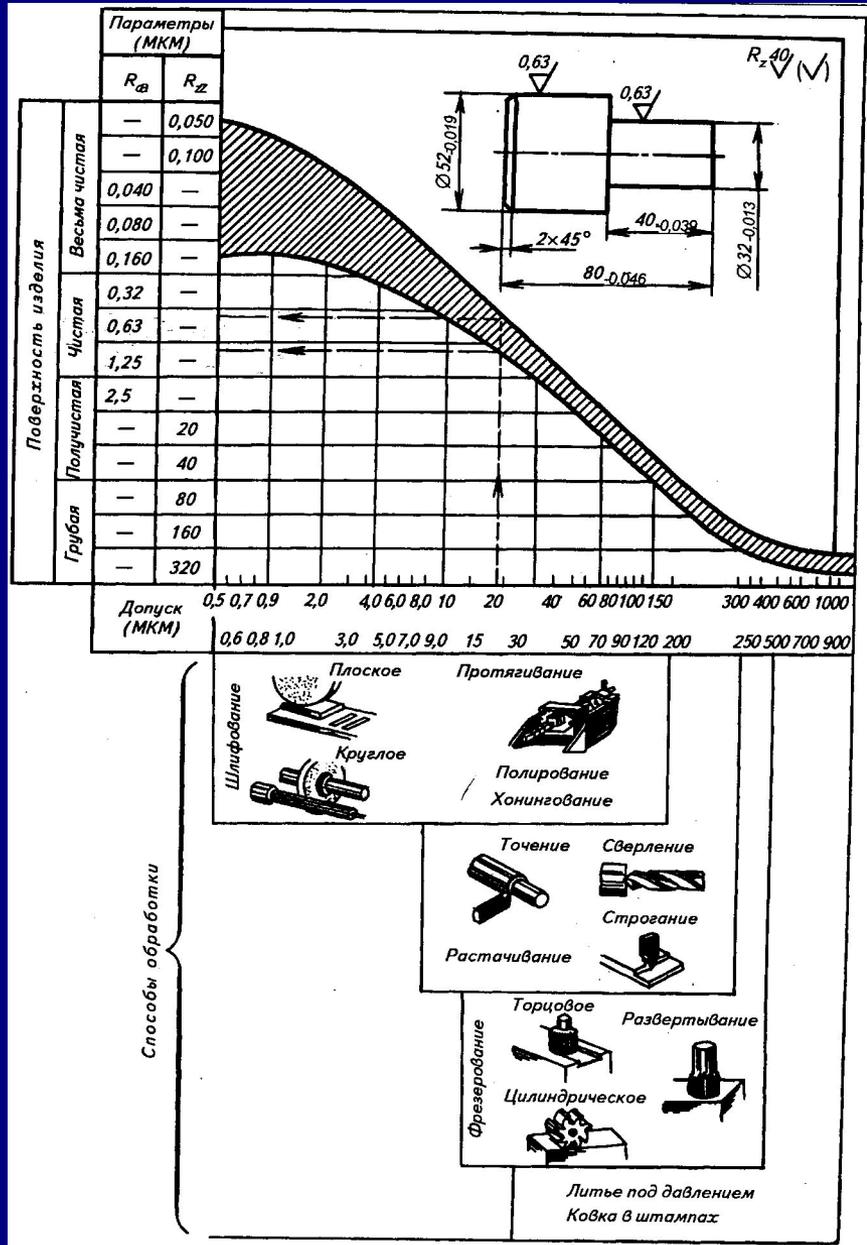
Если шероховатость всех поверхностей детали одинакова, то ее обозначение помещают в правый верхний угол чертежа и на изображениях не наносят (рис. 5.29, а). Размеры и толщина линий знака в обозначении шероховатости, вынесенном в правый верхний угол чертежа, должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, нанесенных на изображении.

При указании одинаковой шероховатости для части поверхностей детали в правый верхний угол чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и условное обозначение  $(\surd)$  (рис. 5.29, б). Это означает, что все поверхности, на изображении которых нет обозначения шероховатости или знака  $\circ \surd$  должны иметь шероховатость, указанную перед обозначением  $(\surd)$ .

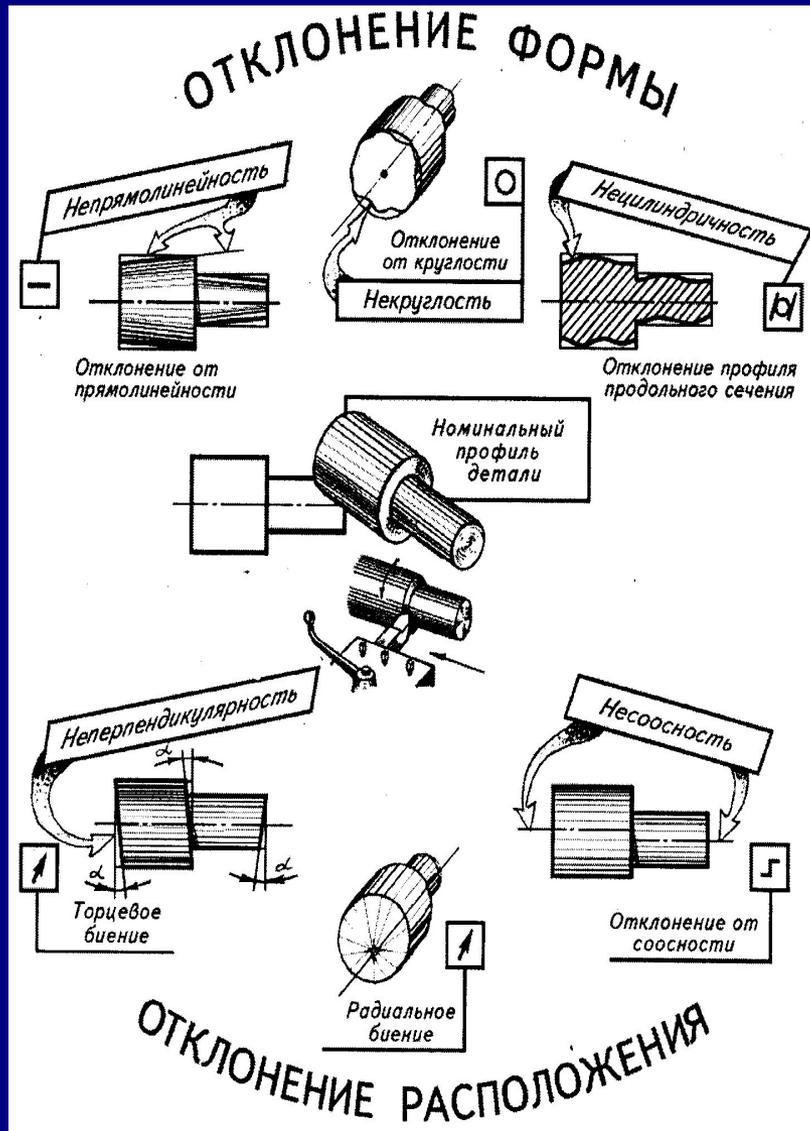
Знак  $\surd$ , взятый в скобки, должен быть по размерам таким же, как знаки, нанесенные на изображении.

Если часть поверхностей сохраняется в состоянии поставки, то есть не обрабатывается, в правый верхний угол чертежа перед обозначением  $(\surd)$  помещают знак  $\surd$  (рис. 5.29, в). Размеры и толщина линий его должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем в знаках, нанесенных на изображении.

Обозначения шероховатости одной и той же поверхности наносят один раз, независимо от числа изображений.



Назначение числовых значений параметров шероховатости сопрягаемых поверхностей зависит от необходимой точности соединений, от требований к внешнему виду и эксплуатационных свойств (уменьшение трения, удобство и безопасность обслуживания машины и пр.).



Как уже было сказано, форма машиностроительных деталей чаще всего представляет собой сочетание простых геометрических поверхностей. Однако вследствие целого ряда причин заданная на чертеже строгая геометрическая форма деталей в процессе их механической обработки не выдерживается. Встречающиеся виды отклонений поверхности детали после обработки от формы, заданной на чертеже, показаны на примере ступенчатого валика (рис. 5.33). Эти отклонения искажают характер сопряжения деталей при сборке и ухудшают качество работы машины, механизма в целом. Все это заставило ограничить величины возможных отклонений формы и расположения поверхностей допусками, предусмотренными ГОСТом 24643 — 81. На чертежах такие допуски обозначают согласно ГОСТУ 2.308 — 79.

Допуски формы и расположения поверхностей  
(выдержки из ГОСТа 2.308—79)

Вид допуска	Указание допусков на чертежах	
	условным обозначением	текстом в технических требованиях
Допуск прямолинейности		<p>Отклонение от прямолинейности поверхности <i>A</i> не более 0,25 мм на всей длине и не более 0,1 мм на длине 300 мм</p>
Допуск цилиндричности		<p>Отклонение от цилиндричности поверхности <i>A</i> не более 0,01 мм</p>
Допуск круглости		<p>Отклонение от цилиндричности поверхности <i>A</i> не более 0,01 мм, от круглости не более 0,004 мм</p>
Допуск профиля продольного сечения		<p>Отклонение профиля продольного сечения поверхности <i>A</i> не более 0,01 мм</p>
Допуск радиального биения		<p>Радиальное биение поверхности <i>B</i> относительно общей оси поверхности <i>A</i> и <i>B</i> не более 0,04 мм</p>

Допуски можно указывать на чертеже условным обозначением или текстом в технических требованиях. В текстовой записи указывается краткое наименование заданного допуска, буквенное обозначение или наименование элемента, для которого задается допуск формы и его величина в миллиметрах. Если отклонение относится к расположению поверхностей, то отмечают еще и базы, относительно которых задан допуск.

Чтобы знаки обозначения допусков формы и расположения поверхностей не смешивались с другими, на чертеже их помещают в прямоугольных рамках, которые соединяют прямой или ломаной линией, заканчивающейся стрелкой, с контурной линией поверхности, или с размерной линией элемента, или с осью симметрии (если отклонение относится к общей оси).

Прямоугольные рамки подразделяются на две или три части: в первую помещают знак допуска, во вторую — числовое значение допуска в миллиметрах, в третью — буквенное обозначение базовой или другой поверхности, к которой относится допуск. В этом случае базовая поверхность отмечается зачерненным треугольником, который примыкает основанием к ее проекции и сопровождается выносной линией с квадратной рамкой, в которую вписывается прописная русская буква.