



university

Тюменский
Индустриальный
университет

Проектная деятельность студентов
образовательной программы бакалавриата по
направлению 15.03.01 Машиностроение, профиль
«Системы автоматизированного проектирования и
технологической подготовки производства»

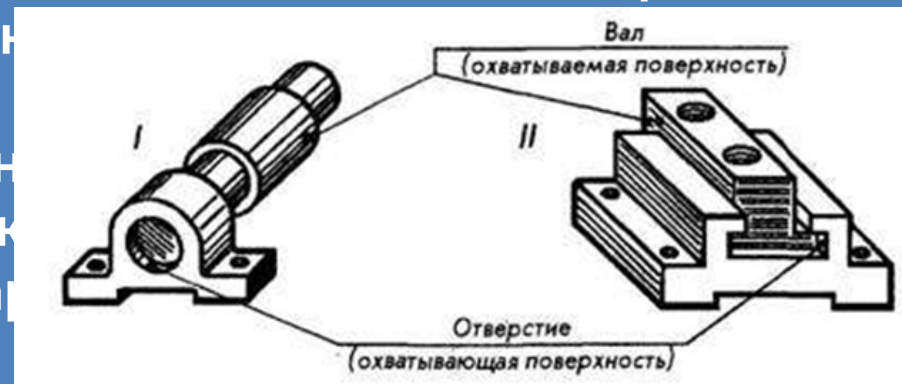
Взаимозаменяемость — свойство элементов конструкции, изготовленных с определённой точностью геометрических, механических, электрических и иных параметров, обеспечивать заданные эксплуатационные показатели вне зависимости от времени и места изготовления при сборке, ремонте и замене этих элементов.

Точность — это степень приближения фактического размера к размеру, указанному на чертеже детали. Чем ближе эти размеры, тем выше достигнутая точность. Требуемая точность обработки поверхности зависит от назначения детали, ее роли в работе машины и от характера соединения поверхностей.

Основные понятия взаимозаменяемости.

Соединение — это любое подвижное или неподвижное сопряжение двух деталей, из которых одна полна, а другая пуста.

Наиболее распространены в машиностроении соединения деталей с гладкими цилиндрическими (I) и плоскими параллельными (II) поверхностями.



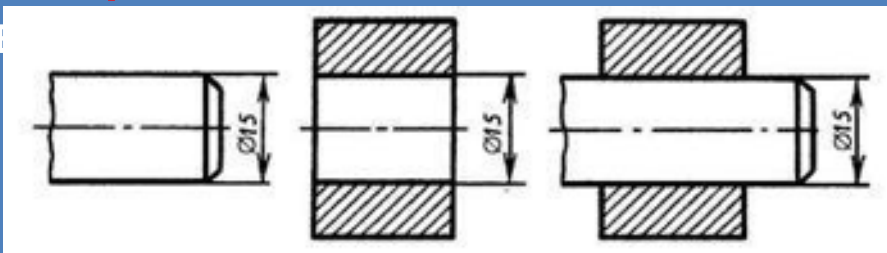
4.4. Основы взаимозаменяемости

Основные понятия взаимозаменяемости.

Размер — это числовое значение линейной величины (диаметра, длины, высоты и т. п.).

Номинальным размером называется основной размер детали, рассчитанный с учетом ее назначения и требуемой точности, служит началом отсчета отклонений. Номинальный размер указывают на чертежах деталей (D_n , d_n).

Номинальный размер соединений — общий (одинаковый) размер для отверстия и вала



Действительный размер — размер, полученный в результате измерения готовой детали с допустимой степенью погрешности. **Предельными размерами** называются два граничных значения, между которыми должен находиться действительный размер. Больше из этих значений называется наибольшим предельным размером, меньшее — наименьшим предельным размером. Предельные размеры

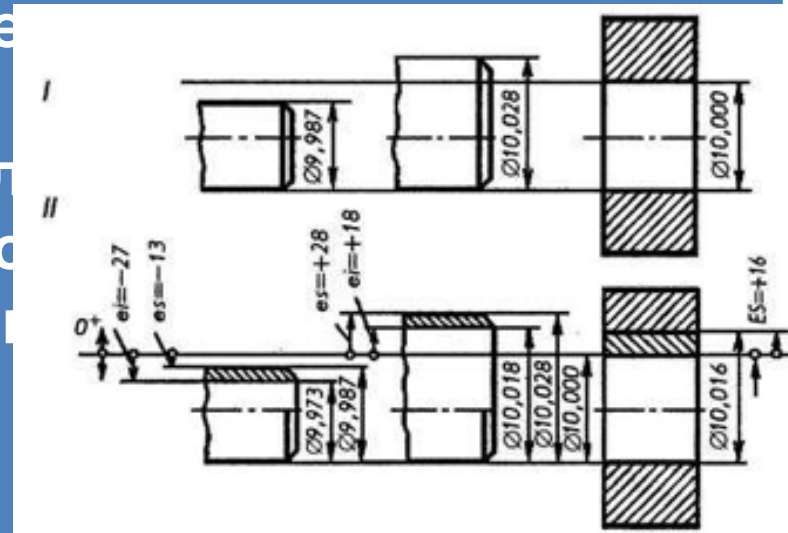
4.4. Основы взаимозаменяемости

Основные понятия взаимозаменяемости.

Предельное отклонение — это алгебраическая разность между предельными и номинальными размерами. **Верхнее отклонение** — это алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным размером. В соответствии с ГОСТ 25346-89 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 .

Номинальный размер служит началом отсчета отклонений. Отклонения могут быть положительными, отрицательными и равными нулю.

В таблицах стандартов отклонения указывают в микрометрах (мкм), на чертежах — в миллиметрах (мм).



4.4. Основы взаимозаменяемости

Основные понятия взаимозаменяемости.

Действительное отклонение — алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.

Допуск T — разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

Значение допуска всегда положительно.

Стандарт ГОСТ 25346-89 устанавливает понятие «допуск системы», — это стандартный допуск, установленный системой допусков и посадок. Допуски системы ЕСДП обозначаются: IT01, IT0; IT1 ... IT17, Буквы IT обозначают «допуск ИСО». Так, IT7 обозначает допуск по 7-му качеству ИСО.

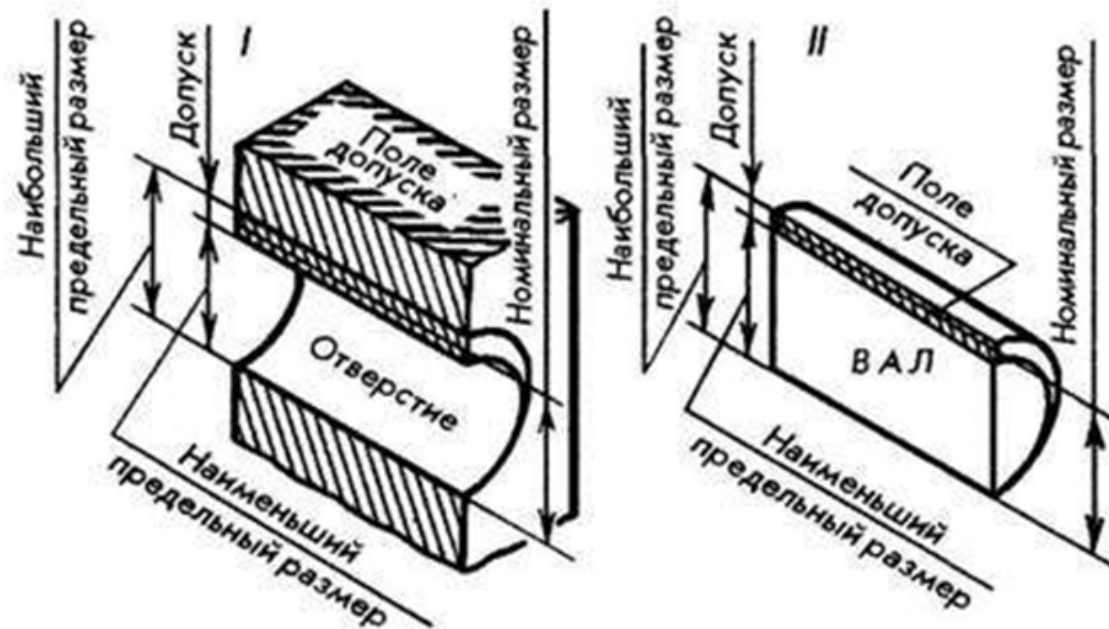
В качестве **единицы точности**, установлена **единица допуска i (I)**. Чем больше единиц допуска содержится в допуске системы, тем больше допуск и, следовательно, меньше точность, и наоборот. Число единиц допуска.

4.4. Основы взаимозаменяемости

Основные понятия взаимозаменяемости.

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.

Поле допуска — поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Определено величиной допуска его положением относительно номинального размера. При одном и том же допуске могут быть разные по расположению поля допусков.



4.4. Основы взаимозаменяемости

Основные понятия взаимозаменяемости.

Номинальный размер соединения ($d_{n.c}$) — это общий для соединяемых деталей размер, служащий началом отсчета отклонений каждой детали соединения (см. рис. 5.).

Действительный размер (D_r, d_r) получают измерением с допускаемой погрешностью.

Предельные размеры ($D_{max}, D_{min}, d_{max}, d_{min}$) ограничивают интервал значений между которыми должен находиться действительный размер годной детали.

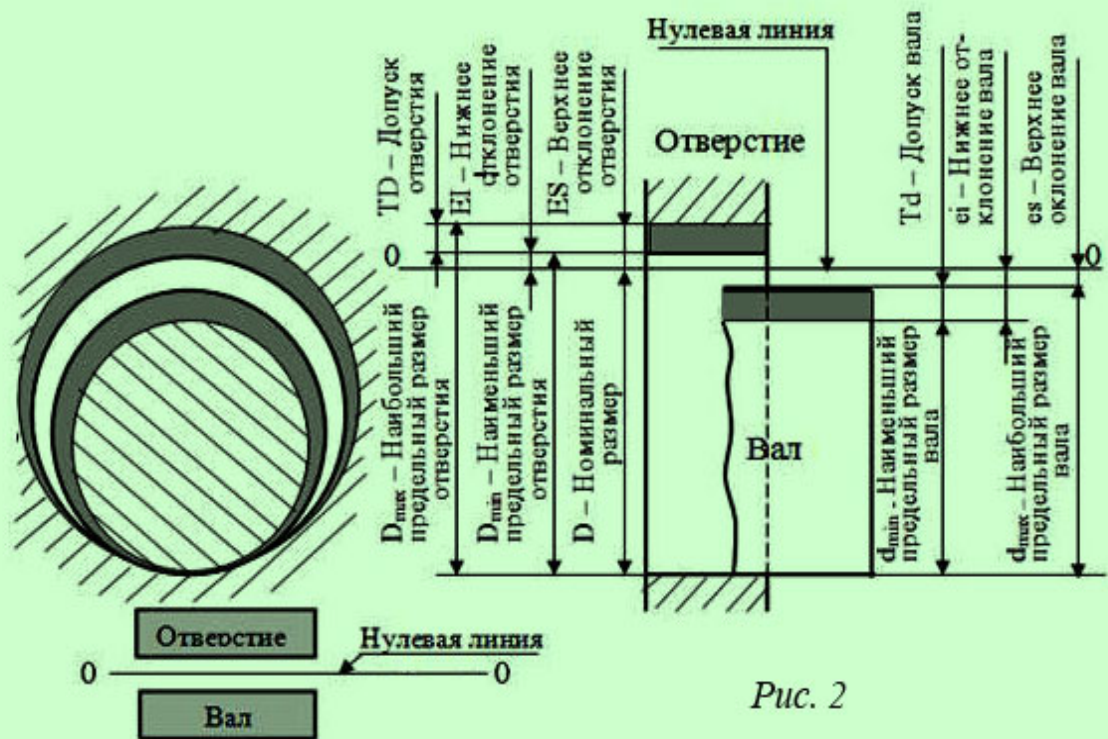
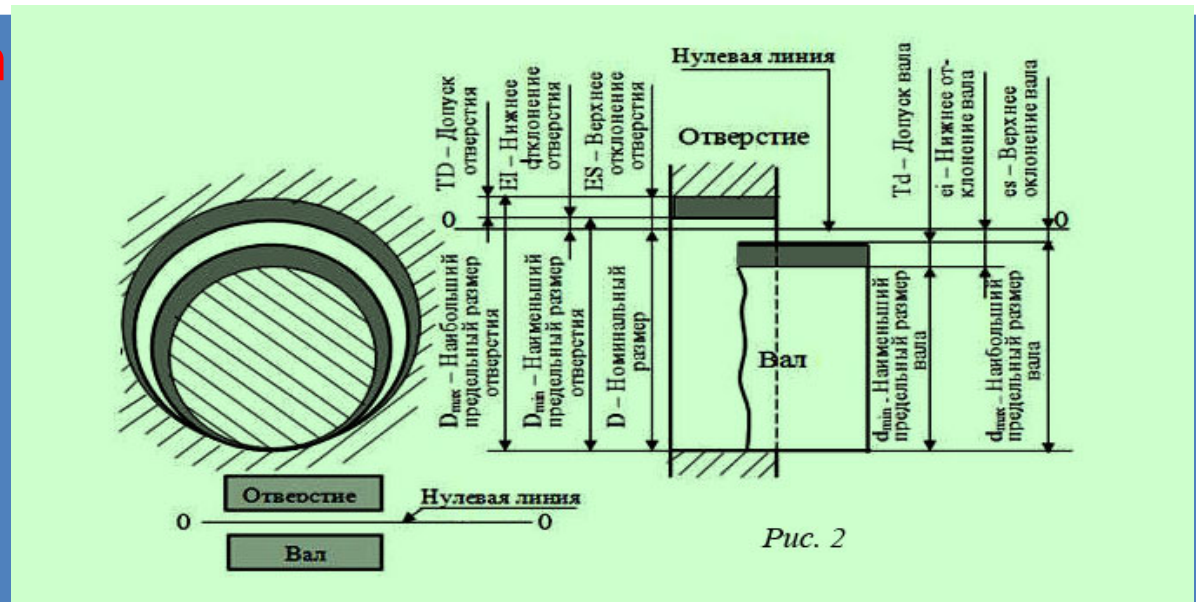


Рис. 2

4.4. Основы взаимозаменяемости

Основные понятия взаимозаменяемости.

Отклонение размера — алгебраическая разность между действительным (предельным) и соответствующим номинальным размером.



Предельное отклонение — алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами.

Верхнее отклонение ES, es — алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами: для отверстия $ES = D_{max} - D_n$; для вала $es = d_{max} - d_n$.

Нижнее отклонение EI, ei — алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами: для отверстия $EI = D_{min} - D_n$; для вала $ei = d_{min} - d_n$.

4.4. Основы взаимозаменяемости

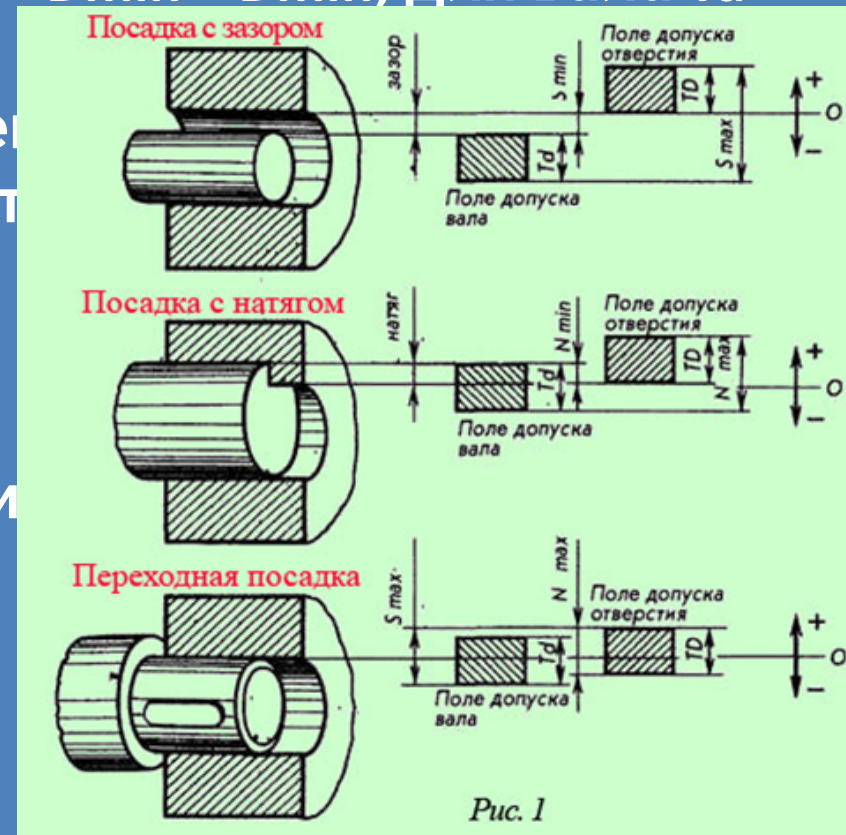
Основные понятия взаимозаменяемости.

Допуск размера T — разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами (предельными отклонениями): для отверстия $TD = D_{\max} - D_{\min}$; для вала $Td = d_{\max} - d_{\min}$.

Посадка — это характер соединения деталей. Посадки разделяют на три группы: посадки **с зазором** (подвижные посадки), **с натягом** (для соединения таких деталей необходимо применить усилие) и переходные посадки.

Зазором называется разность размеров отверстия D и вала d , если размер отверстия больше размера вала.

Натягом называется разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия.



4.4. Основы взаимозаменяемости

Основные понятия взаимозаменяемости.

Зазор определяется положительной разностью между охватывающим и охватываемым размерами деталей:

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (1)$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (2)$$

Допуск зазора TS описывается выражением

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = TD - Td \quad (3)$$

Натяг — это положительная разность между охватываемым и охватывающим размерами деталей:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI \quad (4)$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES \quad (5)$$

Допуск натяга TN определяется по формуле

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = TD - Td \quad (6)$$

Допуск посадки $TN(S)$ — это допуск зазора или натяга:

$$TN(S) = TN = TS = TD + Td \quad (7)$$

4.4. Основы взаимозаменяемости

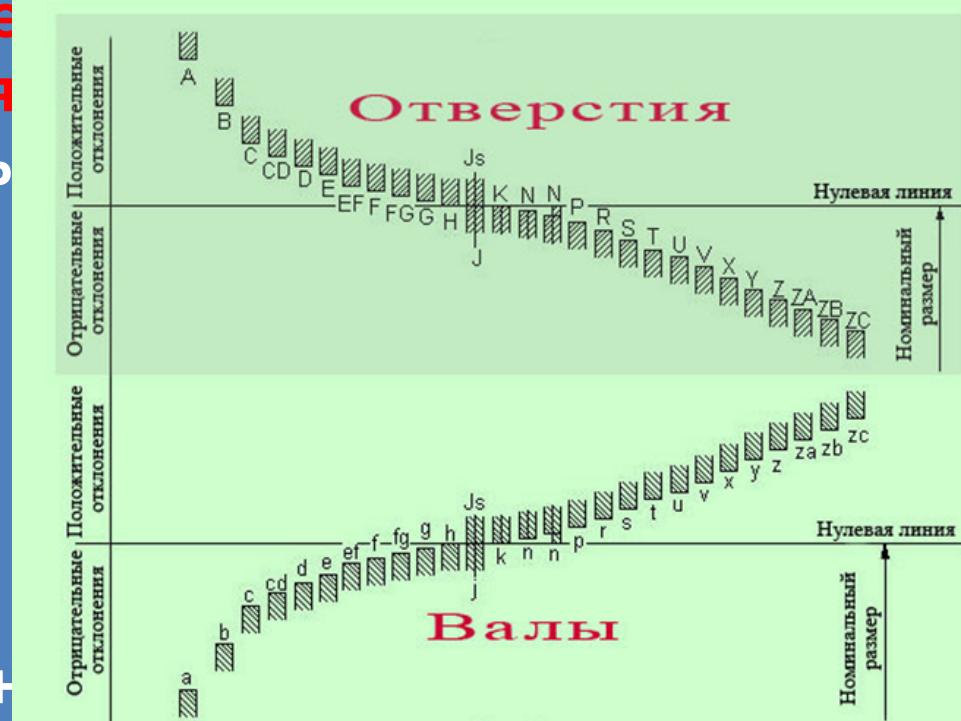
Посадки. Система отверстия и система вала.

Сочетанием полей допусков валов и отверстий может быть получено большое число посадок. Различают посадки

в системе отверстия и в системе вала.
Посадки в системе отверстия

посадки, в которых различны зазоры и натяги получают соединением различных по размеру валов с одним основным отверстием, поле допуска которого (для данного качества и интервала размеров) постоянно

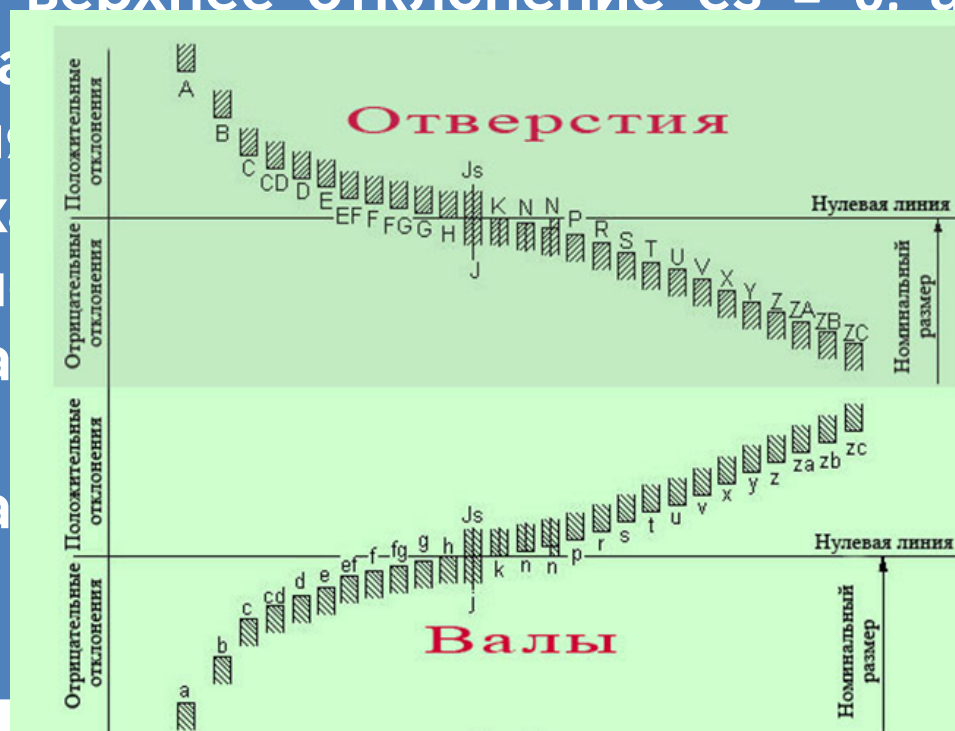
для всей совокупности посадок. Поля допусков валов в посадках с зазором расположены ниже нулевой линии (под полем допуска основного отверстия), а в посадках с натягом — выше поля допуска основного отверстия.



4.4. Основы взаимозаменяемости

Посадки. Система отверстия и система вала.

Посадки в системе вала - посадки, в которых различные зазоры и натяги получают соединением различных по размеру отверстий с одним основным валом, поле допуска которого (для данного качества и интервала размеров) постоянно для всей совокупности посадок. Поле допуска основного вала расположено неизменно относительно нулевой линии так, что его верхнее отклонение $es = 0$, а нижнее отклонение ei со знаменителем допуску основного вала. Поле допусков отверстий в посадках с зазором расположены выше поля допуска основного вала, в посадках с натягом — ниже поля допуска основного вала.



4.4. Основы взаимозаменяемости

Посадки. Система отверстия и система вала.

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

В таблице приводится обозначение полей допусков по группам.

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

Посадка образуется сочетанием полей допусков отверстия и вала. Условное обозначение посадки : H8/f7: H8—f7.

4.4. Основы взаимозаменяемости

Выбор и назначение допусков и посадок

Методы подобия. Он заключается в том, что конструктор отыскивает в одготипных 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.

При выборе и назначении допусков и посадок конструктор всегда исходит из того, что изготовление деталей по квалитету, соответствующему большей точности, т. е. с малым допуском, связано с повышением себестоимости из-за больших трудовых и материальных затрат на оборудование, приспособления, инструмент и контроль. Изготовление деталей по квалитетам с расширенными допусками проще, не требует точного оборудования и отделочных технологических процессов, однако точность сопряжений и

4.4. Основы взаимозаменяемости

Выбор и назначение допусков и посадок

Порядок выбора допусков и посадок:

Пользуясь табл. 1 следует установить, какая из трех групп посадок необходима для выполнения данным соединением рабочей функции.

По ГОСТ 25347-82. (выдержка на экране) выбираем для данного сочленения двух деталей посадку, например, к6.

Из этого же стандарта, обращаемся к таблице полей допусков 7-го качества.

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

Основное отклонение отверстия	Основные отклонения валов				
	<i>q</i>	<i>h</i>	<i>js</i>	<i>k</i>	<i>m</i>
	Посадки				
<i>H6</i>	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$
<i>H7</i>	$\frac{H7}{q6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$
<i>H8</i>		$\frac{H8}{h7} \frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$

Интервалы размеров, мм	Квалитет 6				Квалитет 7		
	Поля допусков						
	<i>h6</i>	<i>js6</i>	<i>K6</i>	<i>M6</i>	<i>G7</i>	<i>H7</i>	<i>Is7</i>
Предельные отклонения, мкм							
Свыше 18 до 24	0	+6,5 -6,5	+2 -11	-4 -11	+28 +7	+21 0	+10 -10
Свыше 24 до 30	-13	+8 -8	+3 -13	-4 -20	+34 +9	+25 0	+12 -12
Свыше 30 до 40	0						
Свыше 40 до 50	-16						
Свыше 50 до 65	0	+9,5 -9,5	+4 -15	-5 -24	+40 +10	+30 0	+15 -15
Свыше 65 до 80	-11						

4.4. Основы взаимозаменяемости

Выбор и назначение допусков и посадок

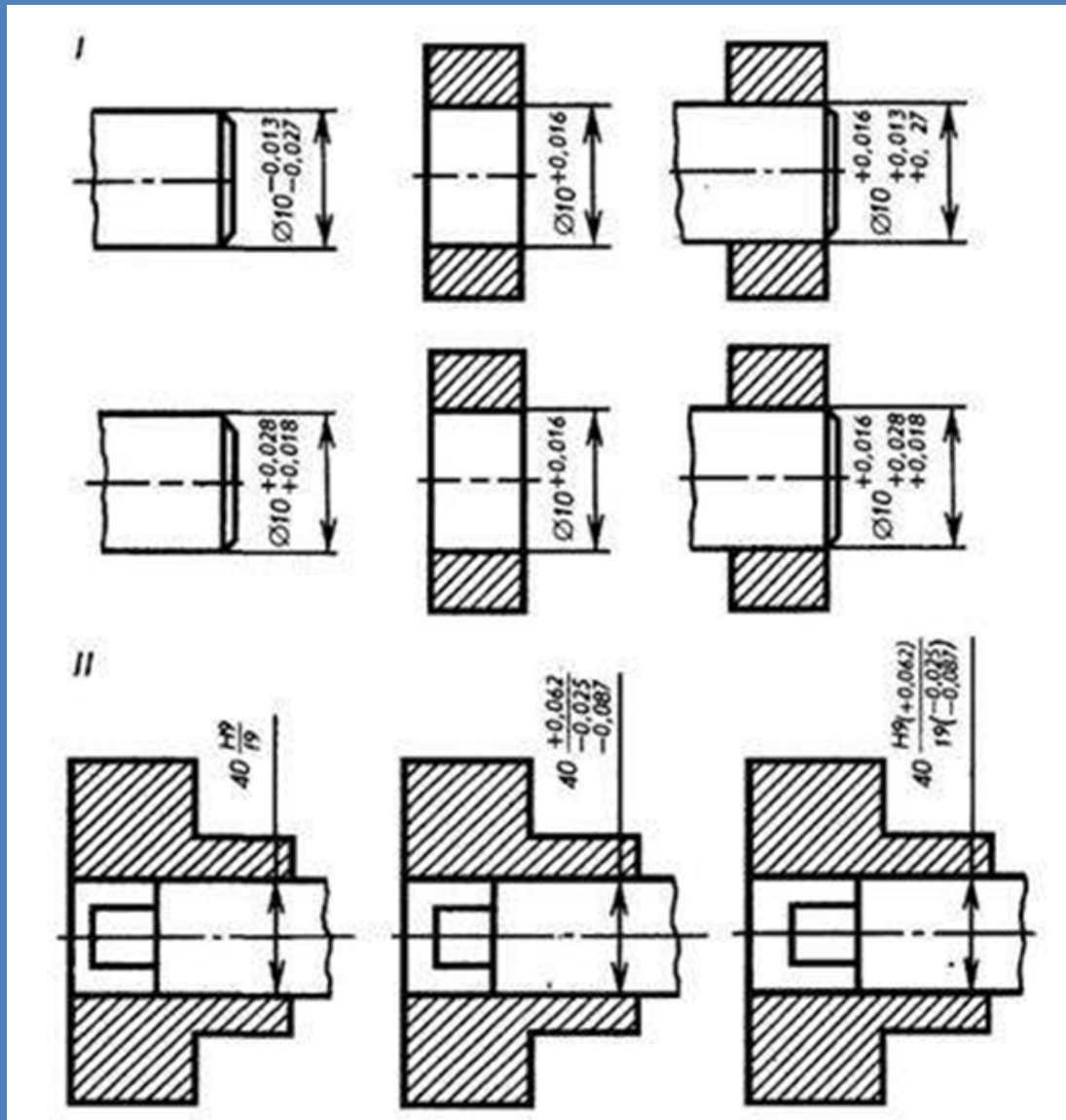


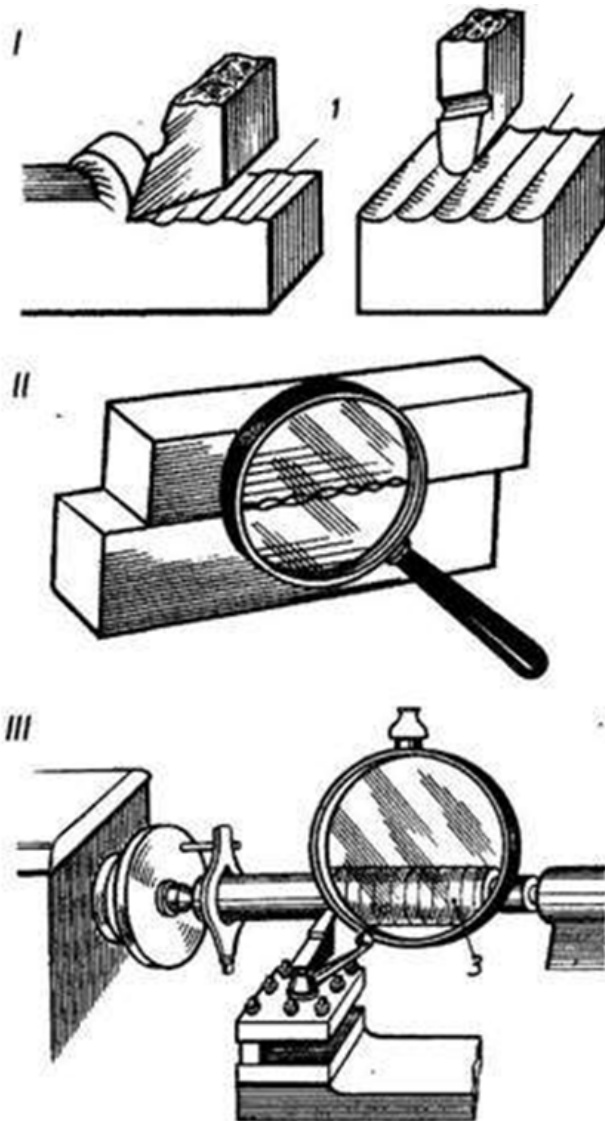
Рис. Простановка размеров на чертеже

4.3 Понятие о качестве поверхности детали в машиностроении. Шероховатость поверхностей деталей

Совокупность всех микронеровностей, образующих рельеф поверхности детали, называется **шероховатостью**.

Требования к шероховатости поверхности. Согласно ГОСТ 2789-73 требования к шероховатости поверхности должны быть обоснованными и устанавливаться, исходя из функционального назначения поверхности.

Шероховатость поверхности оценивается **количественно** (по одному из ниже указанных параметров при помощи приборов)



4.3 Понятие о качестве поверхности детали в машиностроении. Шероховатость поверхностей деталей

Стандарт ГОСТ 2789-73 предусматривает шесть параметров шероховатости.

Высотные:

R_a — среднее арифметическое отклонение профиля;

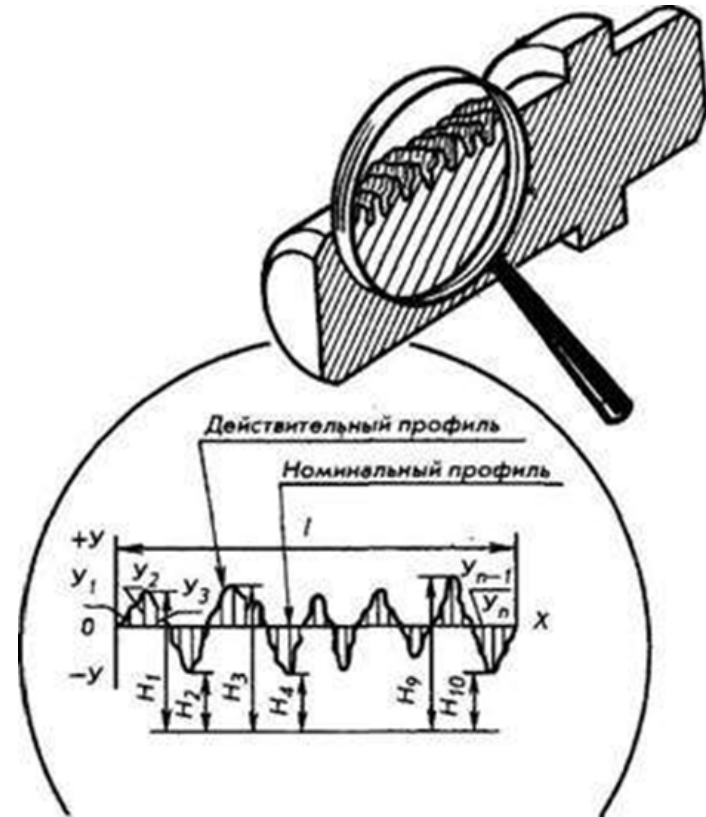
R_z — высота неровностей профиля по десяти точкам;

R_{max} — наибольшая высота профиля.

Шаговые:

S — средний шаг неровностей профиля по вершинам;

S_m — средний шаг неровностей профиля по средней линии: t_p — относительная опорная длина профиля.



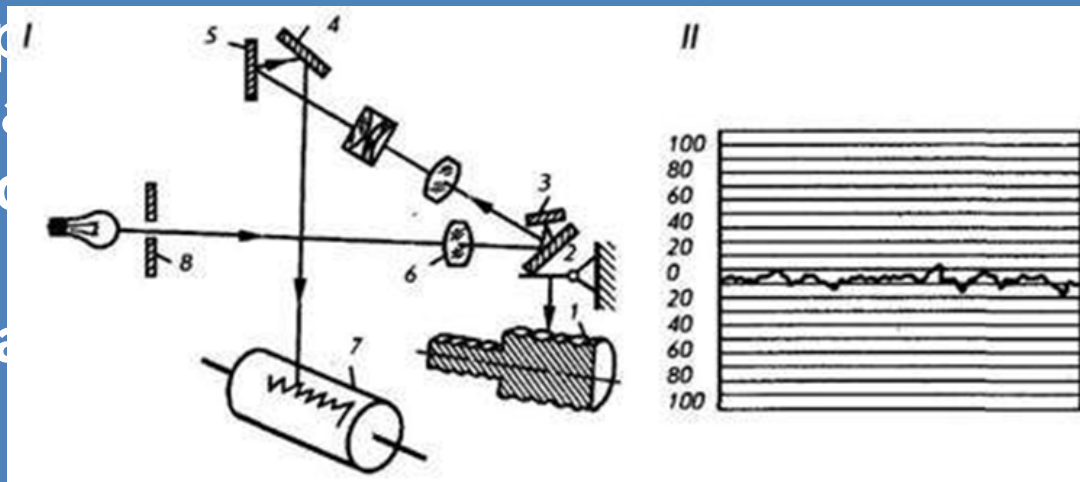
$$R_a = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}{n}$$

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

4.3 Понятие о качестве поверхности детали в машиностроении. Шероховатость поверхностей деталей

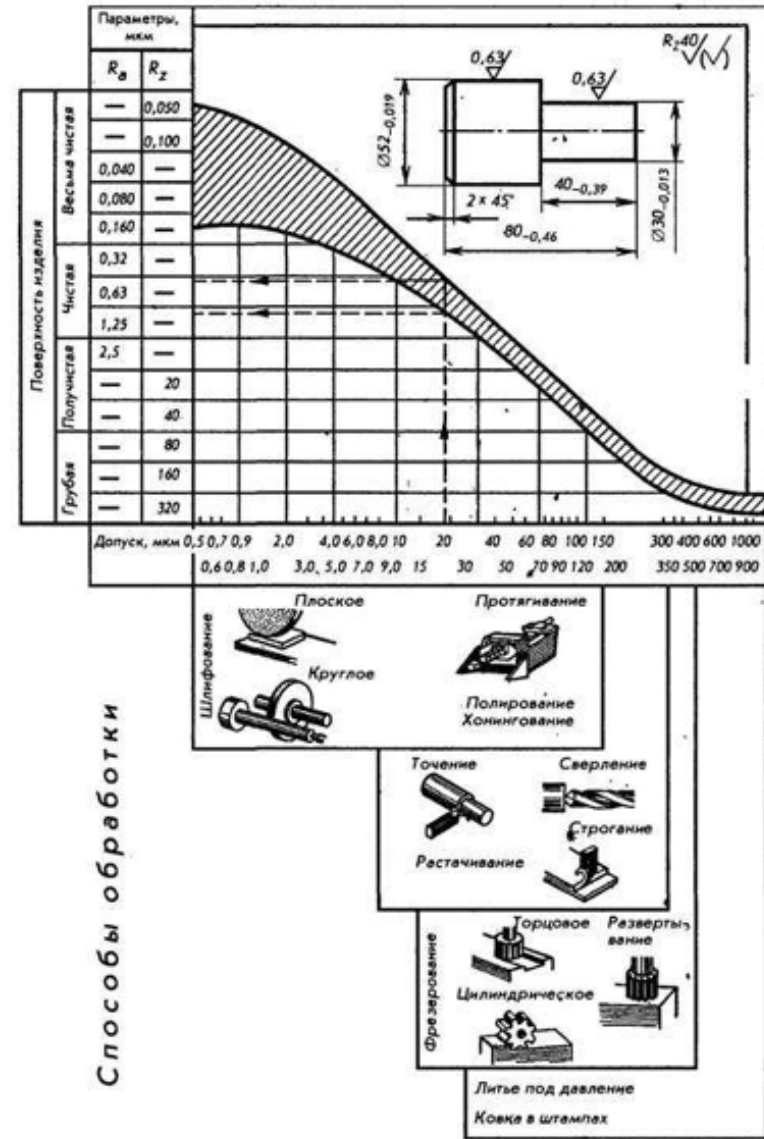
Метрологический контроль шероховатости поверхности
Приборы, используемые для определения шероховатости по Ra или Rz, разделяются на две группы: **контактные** (профилографы и профилометры) и **бесконтактные** (оптические). На рисунке представлена схема наиболее широко применяющегося в практике **оптико-механического профилографа**.

Алмазная игла 1, скользящая по проверяемой поверхности, связана с зеркалом 2, на которое падает от лампы луч света, преломляющийся линзой 6. Колебания алмазной иглы по шероховатой поверхности изменяют направление отраженного от зеркала луча света, и он через систему зеркал 3 ... 5



4.3 Понятие о качестве поверхности детали в машиностроении. Шероховатость поверхностей деталей

Выбор шероховатости для поверхностей деталей. Наибольший диаметр ступенчатого валика обозначен $\varnothing 52_{-0,019}$. По таблице полей допусков валов ГОСТ 25347-82 (см. табл. 3) в колонке h6 определяем предельные отклонения для вала диаметром $\varnothing 52$ мм. Они составляют 19 мкм. Следовательно, допуск равен 19 мкм. Теперь, пользуясь диаграммой, находим параметр шероховатости поверхности. Допуску 19 мкм должна соответствовать шероховатость


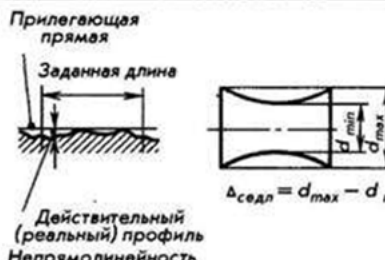

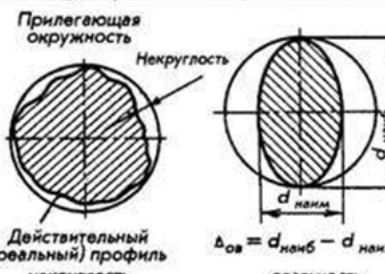


4.3 Понятие о качестве поверхности детали в машиностроении. Отклонения формы поверхностей.

Отклонение от цилиндричности (нецилиндричность)

— наибольшее расстояние от точек реальной (полученной в процессе обработки) поверхности до прилегающего цилиндра (установленной по чертежу номинальной геометрической формы).

Отклонение от круглости — все отклонения формы в поперечном сечении, элементарными видами которого являются огранка и овальность, а в продольном сечении — конусообразность, бочкообразность,


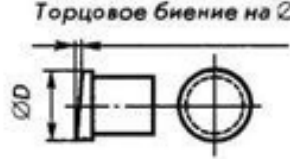


Наименование отклонения	Примеры отклонения флоты поверхностей
Отклонение от плоскости	<p>Неплоскость</p>  <p>Прилегающая плоскость</p> <p>Действительная (реальная) поверхность</p>
Отклонение от прямолинейности	<p>Прилегающая прямая</p>  <p>Заданная длина</p> <p>Действительный (реальный) профиль</p> <p>Непрямолинейность</p> <p>$\Delta_{сепл} = d_{max} - d_{min}$</p>
Отклонение от цилиндричности	<p>Реальная поверхность вала</p>  <p>Прилегающий цилиндр</p> <p>Δ — отклонение от цилиндричности</p>
Отклонение от круглости	<p>Прилегающая окружность</p>  <p>Некруглость</p> <p>Действительный (реальный) профиль некруглости</p> <p>$\Delta_{ов} = d_{наиб} - d_{наим}$</p> <p>овальность</p>

4.3 Понятие о качестве поверхности детали в машиностроении. Отклонения формы поверхностей.

Отклонение от соосности — несоосность осей цилиндрических поверхностей одной детали).

Торцовое биение — отклонение от перпендикулярности торцовой поверхности цилиндрической детали относительно ее оси.

Отклонение от параллельности (непараллельность) —

Наименование отклонения	Примеры отклонения расположения поверхностей
Отклонение от соосности	<p>Несоосность</p> 
Торцовое биение	<p>Торцовое биение на $\varnothing D$</p> 
Отклонение от параллельности	<p>Реальные поверхности</p>  <p>Непараллельность = $A - B$</p>
Отклонение от перпендикулярности	<p>Неперпендикулярность</p> 

Неперпендикулярность — отклонение угла между двумя плоскостями, осями поверхностей вращения от прямого

1. Дайте определение основных понятий взаимозаменяемости (взаимозаменяемость, соединение, номинальный размер, действительный размер, предельный размер, предельное отклонение, нижнее отклонение, верхнее отклонение, действительное отклонение, допуск и их обозначение).
2. Что понимается под единицей допуска и качеством точности? Что такое поле допуска? Приведите примеры графического изображения полей допусков.
3. Приведите формулы для расчетов верхнего и нижнего отклонений, а также допуска размера для отверстия и вала.
4. Что такое «посадка» в машиностроении? Графически покажите расположение полей допусков посадок с натягом, с зазором и переходной посадки и приведите примеры их применения. Приведите формулы для расчета зазора и допуска зазора, натяга и допуска натяга, а также допуска посадки.
5. Дайте понятия посадок в «системе отверстия» и в «системе

6. Дайте характеристику основным методам выбора и назначения посадок и полей допусков (метод подобия и расчетный метод). Приведите пример выбора посадки и полей допусков, а также приведите пример их обозначения на чертеже.
7. Что понимают под макронеровностями и микронеровностями поверхностей деталей в машиностроении? Причины их возникновения.
8. Дайте понятия об основных параметрах шероховатости.
9. Опишите методику назначения числовых значений параметров шероховатости сопрягаемых поверхностей.
10. Опишите основные отклонения формы поверхностей и причины их возникновения.
11. Опишите основные отклонения взаимного расположения поверхностей и причины их возникновения.
12. Покажите пример обозначения на рабочем чертеже отклонений размеров, отклонений формы и расположения поверхностей