



university

Тюменский
Индустриальный
университет

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

Профессор кафедры «Станки и инструменты»
Долгушин В.В..

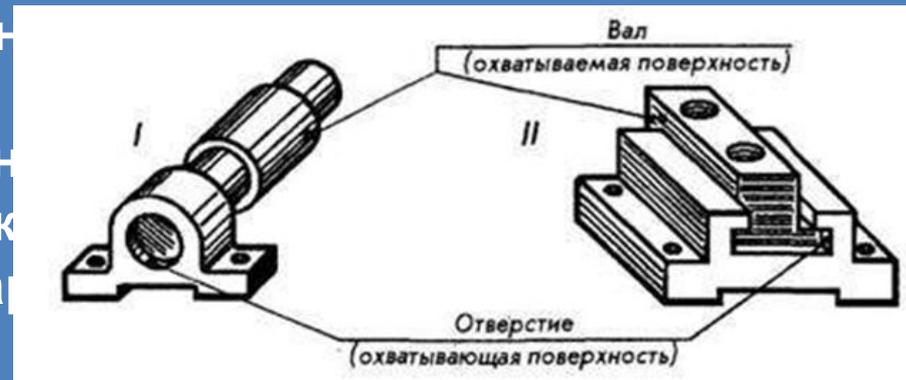
Взаимозаменяемость — свойство элементов конструкции, изготовленных с определённой точностью геометрических, механических, электрических и иных параметров, обеспечивать заданные эксплуатационные показатели вне зависимости от времени и места изготовления при сборке, ремонте и замене этих элементов.

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 полностью входит в другую.

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



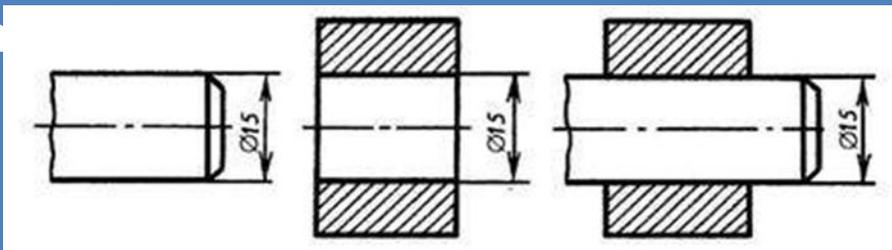
4.4. Основы взаимозаменяемости

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

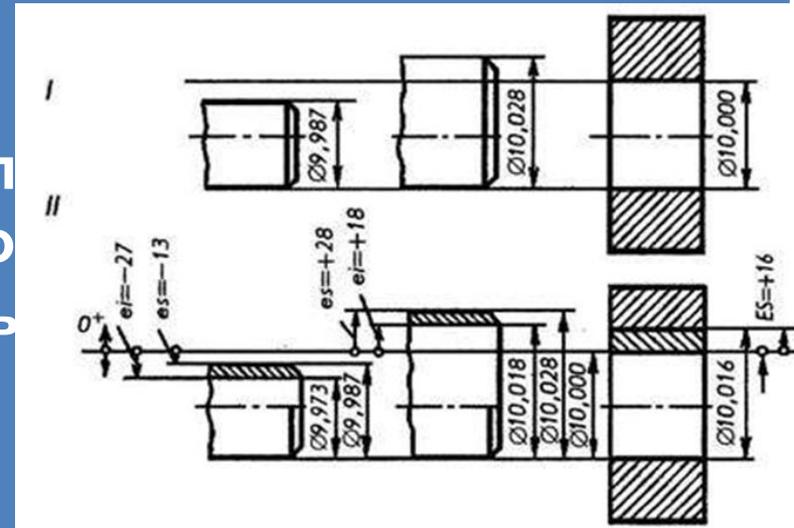


Действительный размер — размер, полученный в результате измерения готовой детали с допустимой степенью погрешности. **Предельными размерами** называются два граничных значения, между которыми должен находиться действительный размер. Больше из этих значений называется наибольшим предельным размером, меньше — 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 ЕСПД обозначаются: IT01, IT0; IT1 ... IT17, Буквы IT обозначают «допуск ИСО». Так, IT7 обозначает допуск по 7-му качеству ИСО.

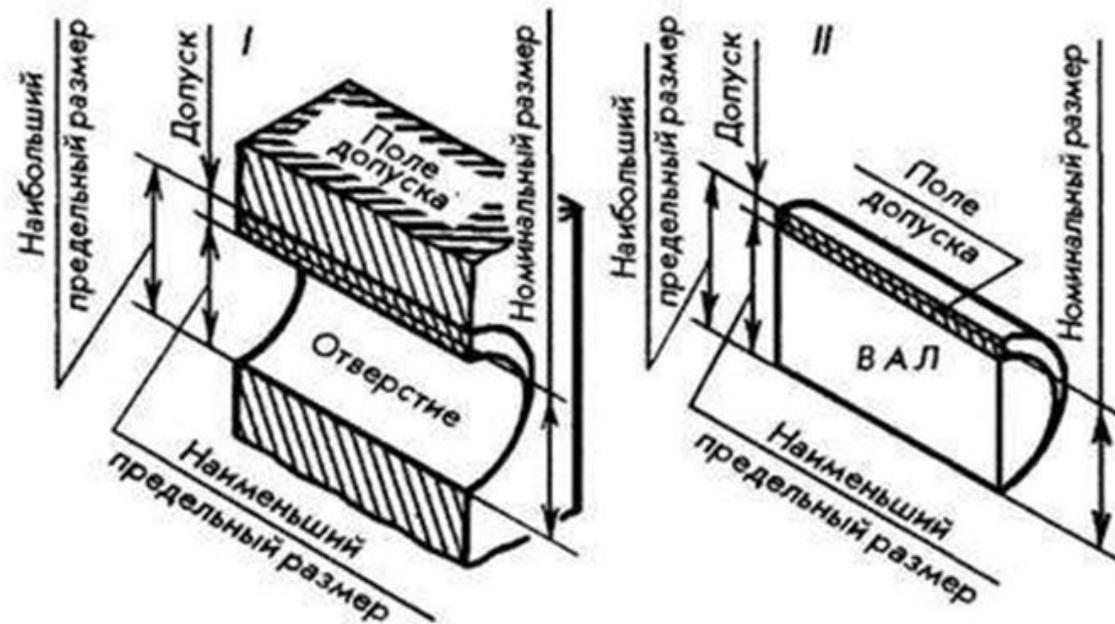
В качестве **единицы точности**, установлена **единица допуска i (I)**. Чем больше единиц допуска содержится в допуске системы, тем больше допуск и, следовательно, меньше точность, и наоборот. Число единиц допуска.

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. Определяется величиной допуска и 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.

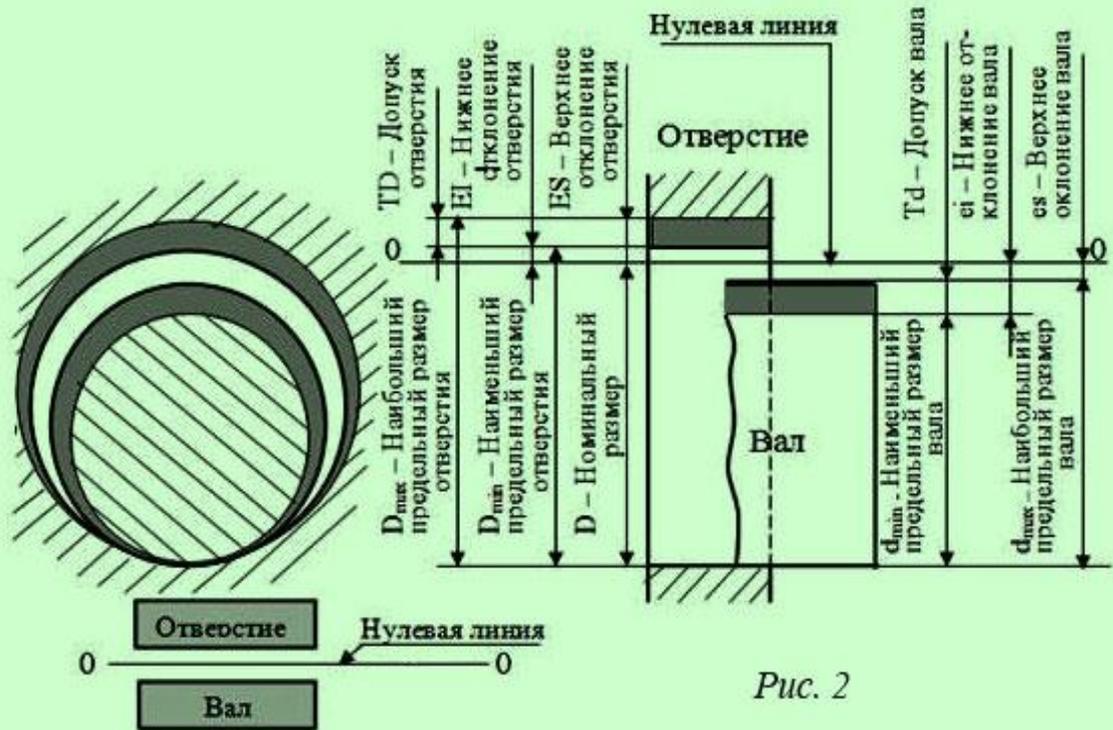
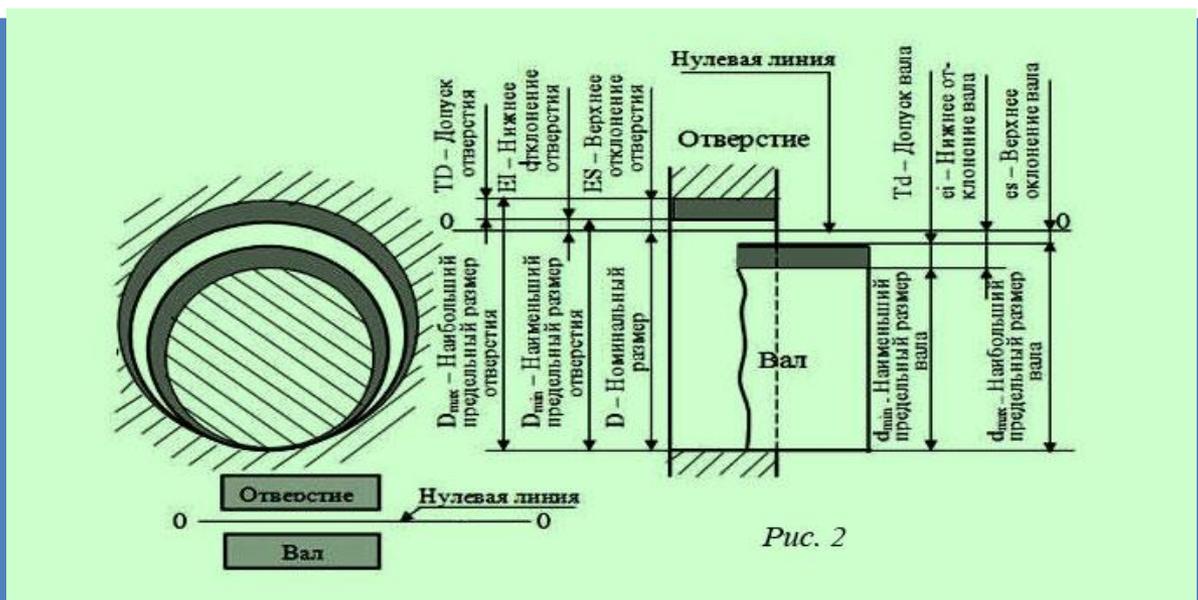


Рис. 2

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

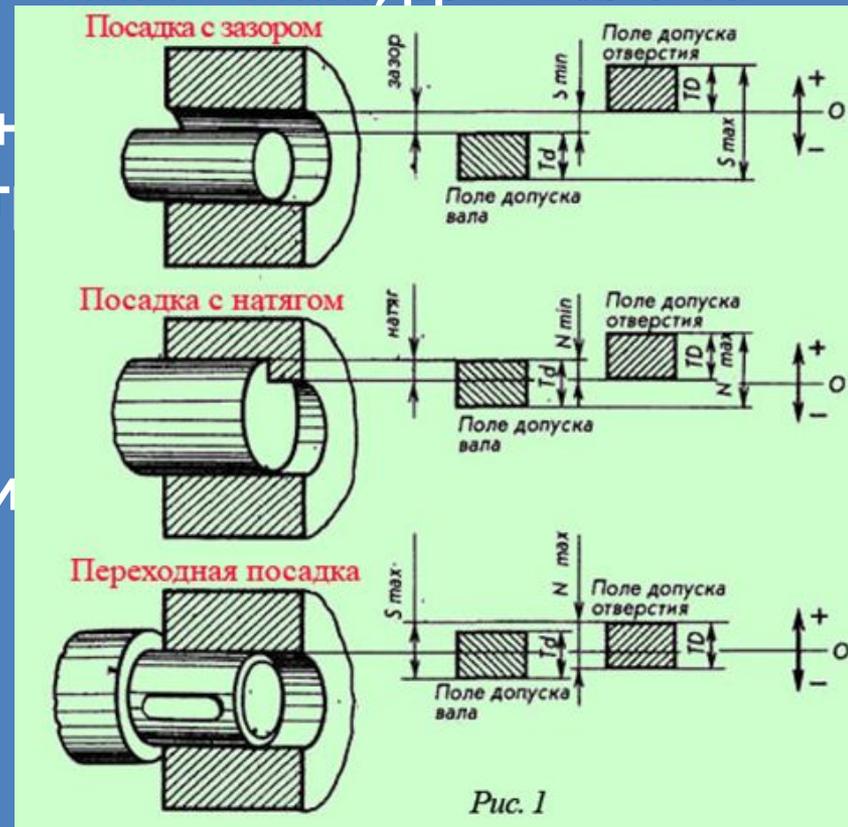
Основные понятия взаимозаменяемости.

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:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (1)$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (2)$$

Допуск зазора TS описывается выражением

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

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

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

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

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 допусков основного вала. Поле допусков отверстий в посадках с зазором расположены выше поля допуска основного вала, а 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 одноподобных 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 следовательно

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.

Результат: отверстие –

| 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>is</i> | <i>k</i> | <i>m</i> |
| | Посадки | | | | |
| <i>H6</i> | $\frac{H6}{h5}$ | $\frac{H6}{h5}$ | $\frac{H6}{is5}$ | $\frac{H6}{k5}$ | $\frac{H6}{m5}$ |
| <i>H7</i> | $\frac{H7}{q6}$ | $\frac{H7}{h6}$ | $\frac{H7}{is6}$ | $\frac{H7}{k6}$ | $\frac{H7}{m6}$ |
| <i>H8</i> | | $\frac{H8}{h7} \parallel \frac{H8}{h8}$ | $\frac{H8}{is7}$ | $\frac{H8}{k7}$ | $\frac{H8}{m7}$ |

| Интервалы размеров, мм | Квалитет 6 | | | | Квалитет 7 | | |
|----------------------------|---------------|--------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|
| | Поля допусков | | | | | | |
| | <i>h6</i> | <i>Is6</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

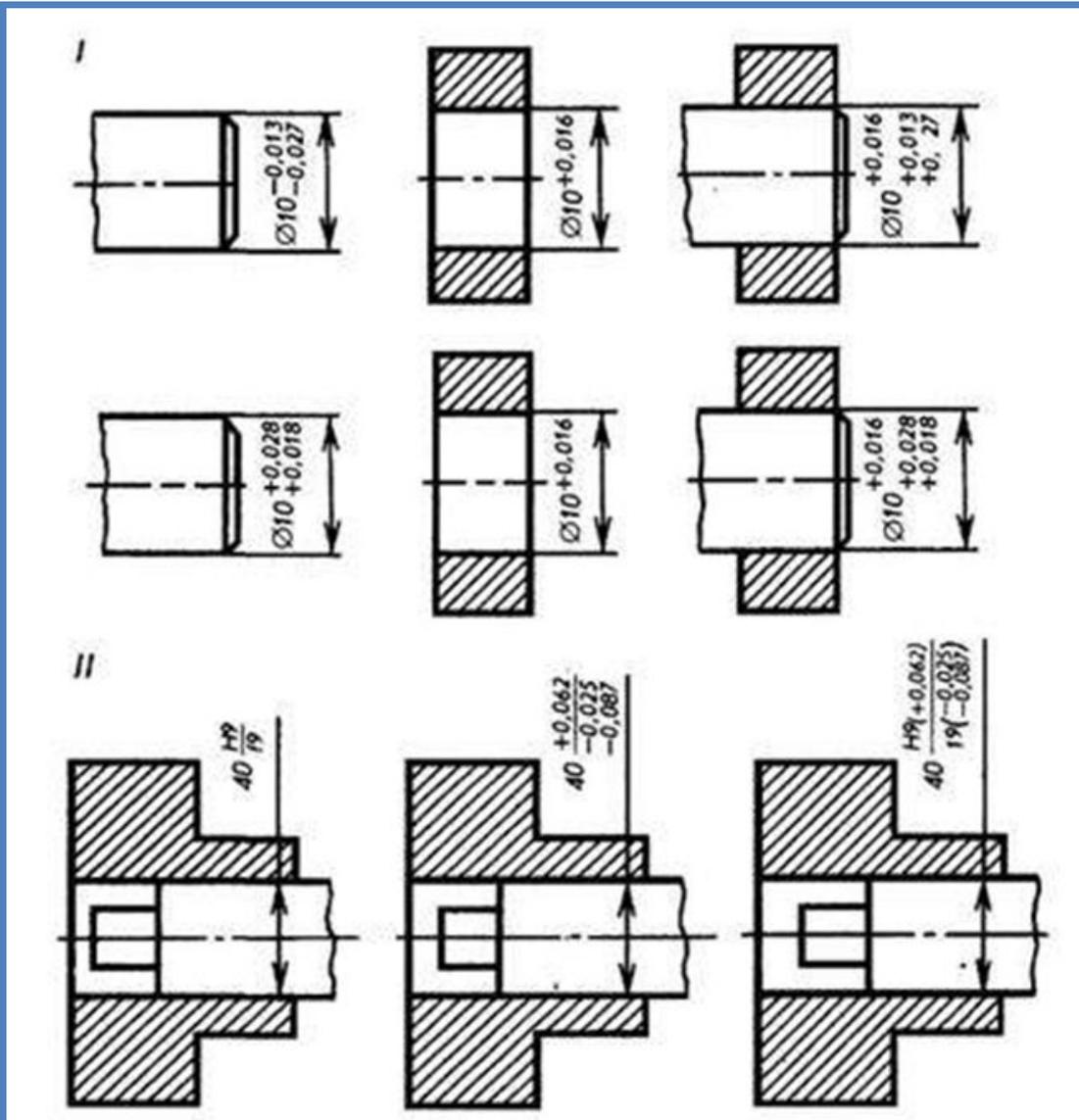


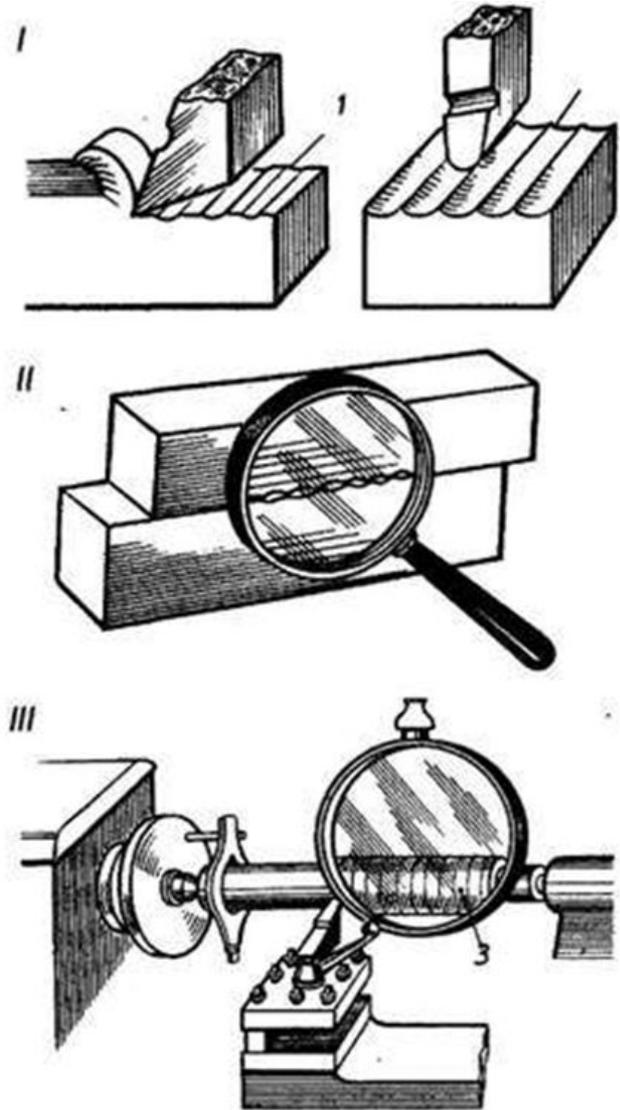
Рис. Простановка размеров на чертеже

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;

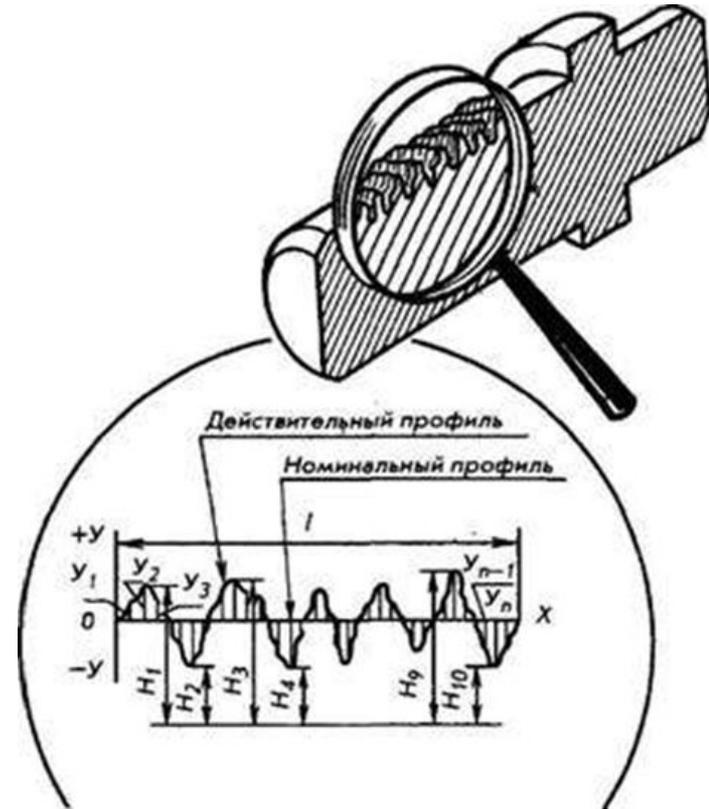
R_z — высота неровностей профиля по десяти точкам;

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.



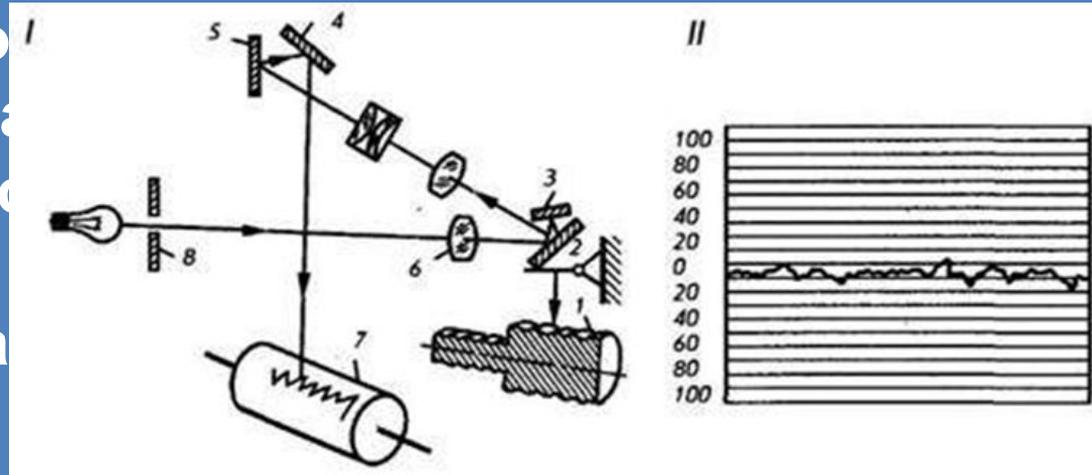
$$R_a = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}{n}$$

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

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

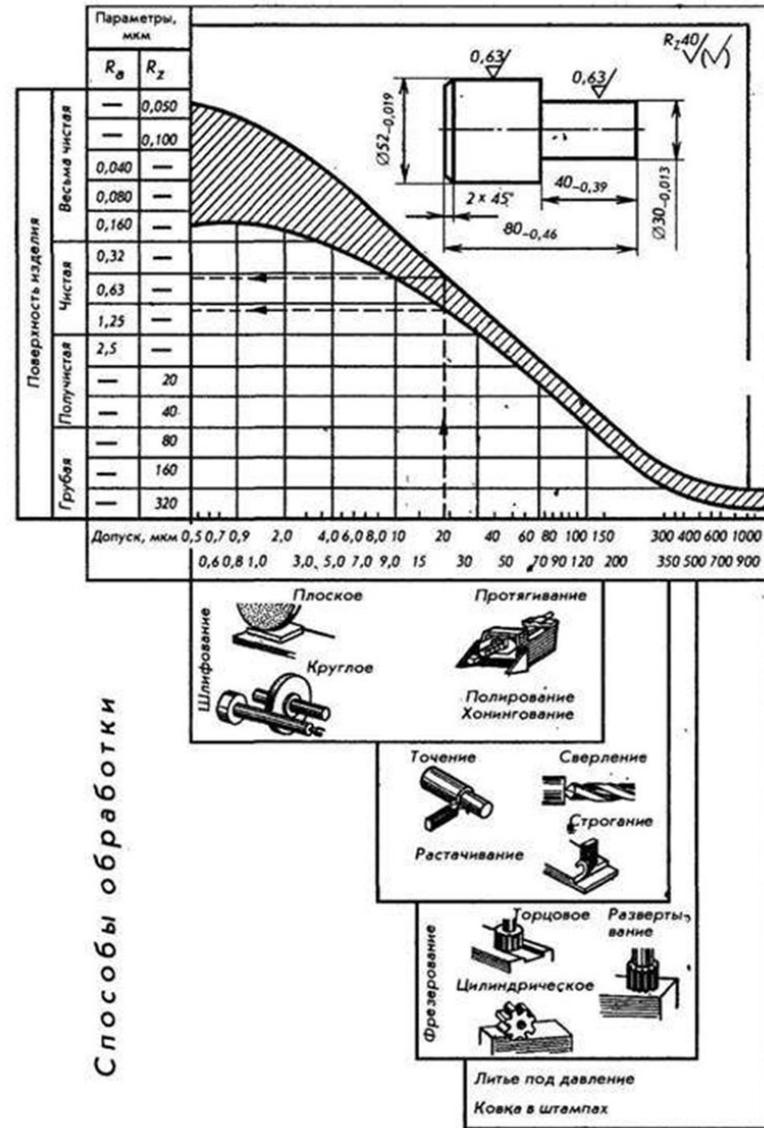
Метрологический контроль шероховатости поверхности
Приборы, используемые для определения шероховатости по R_a или R_z , разделяются на две группы: **контактные** (профилографы и профилометры) и **бесконтактные** (оптические). На рисунке представлена схема наиболее широко применяющегося в практике **оптико-механического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

Алмазная игла 1, скользящая по проверяемой поверхности, связана с зеркалом 2, на которое падает от лампы луч света, пройдя линзу 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



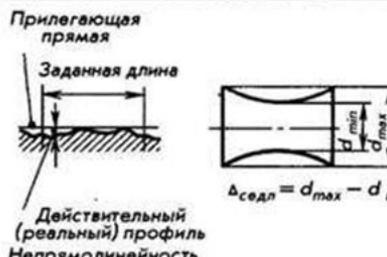
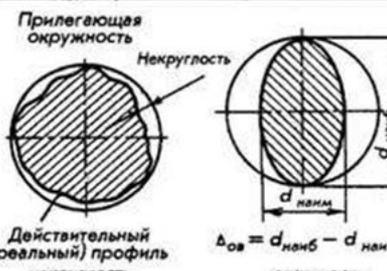
Способы обработки

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 флоры поверхностей |
|-------------------------------|---|
| Отклонение от плоскости | <p>Неплоскость</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 — несовпадение осей цилиндрических поверхностей одной детали).

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

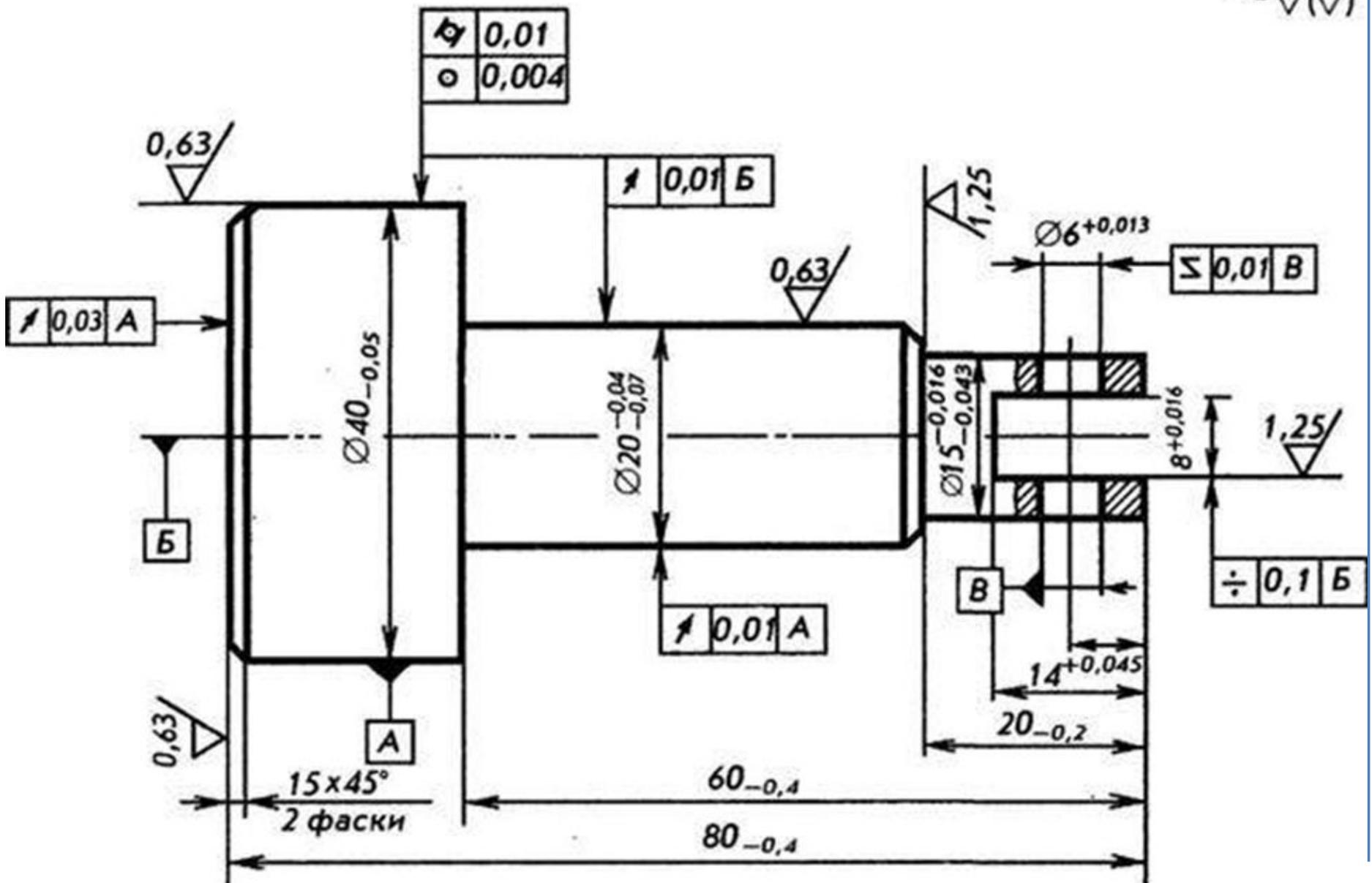
Отклонение от параллельности (непараллельность) — отклонение от параллельности

| 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

Обозначение на чертеже допусков, отклонения формы и расположения поверхностей

$R_z 40 \sqrt{(\checkmark)}$



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

Вопросы и задания для самопроверки (продолжение)

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