

Рис. 1: Посадка с натягом

## 1 Основные понятия и определения

Номинальный размер( $D0$ ) — размер, относительно которого определяются отклонения.

Предельные размеры( $d + ES$ ,  $d + EI$ ) — два предельно допустимых размера, между которыми должны находиться или которым может быть равен действительный размер годной детали.

Предельные отклонения( $ES$ ,  $EI$ ) — разность между предельным отклонением и номинальным размером.

Допуск  $T$  — разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями.

Посадка — характер соединения двух деталей, определяемый разностью их размеров до сборки.

Зазор( $S$ ) — разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала.

Натяг( $N$ ) — разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия.

Переходная посадка — могут получаться как зазоры, так и натяги.

## 2 Характеристики системы допусков и посадок главных цилиндрических соединений

1. Обеспечение нормального температурного режима:  $t_{\text{дет}} = t_{\text{изм}}$  — совместная выдержка детали и измерительного средства
2. Единица допуска — связывает точность с самим размером (устанавливают экспериментально).  $IT = k \cdot i$ ,  $i = 0.45\sqrt[3]{D} + 0.001D$
3. Квалитет — совокупность допусков, характеризуемых постоянной относительной точностью, определяемый коэффициентом  $k$ , для всех номинальных размеров данного диапазона.
4. Ряд допусков — строится на основании единицы допуска и квалитета точности.
5. Диаметры по интервалам распределены так, чтобы допуски, рассчитанные по крайним значениям диаметров и средним отличалось бы не более, чем на 5-8%.

## 3 Основные отклонения валов и отверстий

Основным отклонением называется одно из двух предельных, ближе расположенное к нулевой линии.

Основные отклонения отверстий построены таким образом, чтобы обеспечить образование посадок в системе вала, аналогичным посадкам в системе отверстия. Основные отклонения отверстий равны по величине и противоположны по знаку основным отклонениям валов, обозначаемым той же буквой. Основные отклонения отверстий определяются по двум правилам.

Общее правило. Основное отклонение отверстия должно быть симметрично относительно нулевой линии основному отклонению вала, обозначаемому той же буквой:  $EI = -es$  для А – Н;  $ES = -ei$  – для J – ZC.

Специальное правило. Две соответствующие друг другу посадки в системе отверстия и в системе вала, в которых отверстие данного

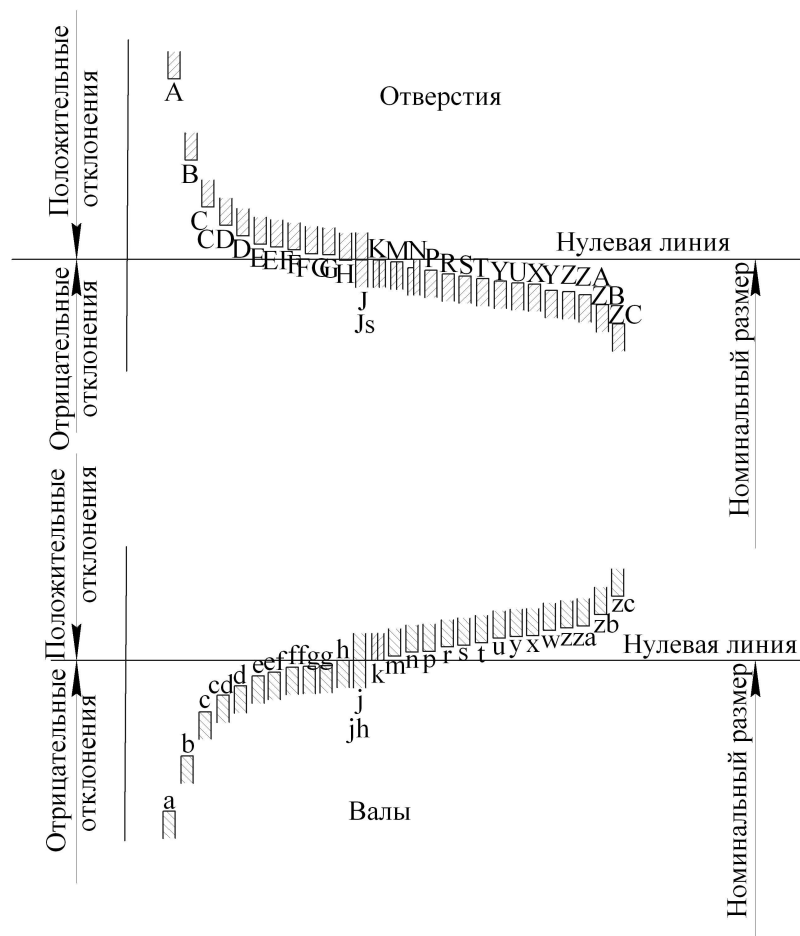


Рис. 2: Основные отклонения валов и отверстий

квалитета соединяется с валом ближайшего более точного качества, должны иметь одинаковые зазоры или натяги (например, H7/p6 и P7/h6).

## 4 Три типа посадок

1. Посадка с зазором — посадка, при которой в соединении, всегда образуется зазор, т.е. наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему.

Наименьший зазор ( $S_{\min}$ ) – разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала в посадке с зазором:

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

Наибольший зазор ( $S_{\max}$ ) – разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала в посадке с зазором или в переходной посадке

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

Средний зазор ( $S_c$ ) – это среднее арифметическое наибольшего и наименьшего зазоров.

2. Посадка с натягом - посадка, при которой в соединении всегда образуется натяг, т.е. наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала или равен ему.

Наименьший натяг ( $N_{\min}$ ) – разность между наименьшим предельным размером вала и наибольшим предельным размером отверстия до сборки в посадке с натягом:.

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES$$

Наибольший натяг ( $N_{\max}$ ) – разность между наибольшим предельным размером вала и наименьшим предельным размером отверстия до сборки в посадке с натягом или в переходной посадке:

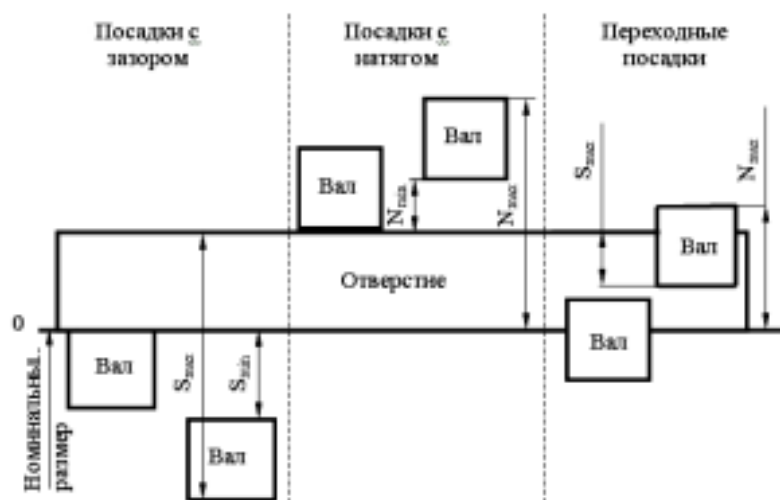


Рисунок 2.2 – Графическое представление посадок в

Рис. 3: Три типа посадок

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI$$

Средний натяг ( $N_c$ ) – это среднее арифметическое наибольшего и наименьшего натягов

3. Переходная посадка - посадка, при которой в соединении возможно получение как зазора, так и натяга, в зависимости от действительных размеров отверстия и вала.

Переходная посадка характеризуется наибольшими значениями натяга ( $N_{\max}$ ) и зазора ( $S_{\max}$ )

## 5 Посадки в системе отверстия

Посадки в системе отверстия – посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия, обозначаемого буквой Н. Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

## **6 Посадки в системе вала**

Посадки в системе вала – посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков отверстий с полем допуска основного вала, обозначаемого буквой  $h$ . Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

## **7 Посадки с зазором**

Посадки с зазором предназначены для подвижных и неподвижных соединений. Посадки рассчитаны на следующие условия их применения: нормальный температурный режим работы, близкие коэффициенты линейных расширений материалов деталей.

## **8 Посадки с натягом**

Посадки применяются только в точных квалитетах, используются для передачи крутящих моментов и осевых сил без дополнительного крепления.

Посадки предназначены для неподвижных и неразъемных соединений. Относительная неподвижность обеспечивается силами трения, возникающими на контактирующих поверхностях вследствие упругой деформации, создаваемой натягом при сборке соединения.

## **9 Переходные посадки**

Переходные посадки применяются только в точных квалитетах – с 4-го по 8-й и используются как центрирующие посадки. Предназначены для неподвижных, но разъемных соединений, так как обеспечивают легкую сборку и разборку соединения.

Переходные посадки требуют, как правило, дополнительного крепления соединяемых деталей.

## **10 Посадки подшипников качения**

В зависимости от условий работы узла или механизма в целом различают местное, циркуляционное и колебательное нагружения

колец подшипников. При местном нагружении кольцо неподвижно и нагрузка направлена и действует на одно и то же место в кольце. При циркуляционном нагружении за каждый оборот подшипника последовательно нагружаются все участки окружности дорожки качения кольца. При колебательном нагружении лишь определенный участок кольца поочередно подвергается нагрузке.

Соединение вращающихся относительно нагрузки колец с валом или корпусом выполняют обязательно с натягом.

Предельные отклонения размеров посадочных поверхностей подшипников класса точности 0 регламентированы ГОСТ 520-89 «Подшипники качения. Технические требования». Посадки подшипников отличаются от обычных расположением и величинами полей допусков на посадочные поверхности колец.


## 11 Отклонение формы поверхностей

Реальная поверхность — поверхность, ограничивающая деталь и полученная в результате обработки.

Номинальная поверхность — идеальная поверхность, номинальная форма которой задана на чертеже.

Действительная поверхность — поверхность, воспроизведенная по размерам, измеренным с допусками.

Прилегающая поверхность: имеет форму номинальной поверхности; соприкасается с реальной поверхностью; расположена вне материала так, что расстояние до наиболее удаленной точки реальной поверхности минимально (расстояние измеряется по нормали и прилегающей поверхности).

Вид допуска формы	Обозначение
Допуск прямолинейности	—
Допуск плоскостности	
Допуск круглости	○
Допуск цилиндричности	⌢
Допуск профиля продольного сечения	==

Отклонение от прямолинейности — область на плоскости, ограниченная двумя параллельными прямыми, расположенными друг от друга на расстоянии, равном допуску прямолинейности Т.

Отклонение плоскостности — наибольшее расстояние от точек

реальной поверхности (профиля) до прилегающей плоскости (прямой) в пределах нормируемого участка

Отклонение от круглости — наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности.

Прилегающая окружность — окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения, или окружность максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности.

Отклонение от цилиндричности - наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка.

Отклонение от профиля продольного сечения - наибольшее расстояние от точек образованной реальной поверхности и лежащих в плоскости проходящей через ось до соответствующей стороны прилегающего профиля. В пределах нормируемого участка.

## 12 Отклонения расположения поверхностей и осей

Допуски расположения	Обозначение
Допуск параллельности	//
Допуск перпендикулярности	$\perp$
Допуск наклона	$\angle$
Допуск соосности	$\odot$
Допуск симметричности	$\equiv$
Позиционный допуск	$\Phi$
Допуск пересечения осей	$\times$

Отклонение от параллельности (EPA) — разность наибольшего и наименьшего расстояний между плоскостями в пределах нормируемого участка.

Отклонение от перпендикулярности плоскостей (EPR) — отклонение угла между плоскостями от прямого угла, выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка.

Отклонение наклона (EPN): отклонение угла между рассматриваемым элементом (плоскостью, осью) и базой от номинального угла, выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка.

Отклонение от соосности (EPC): наибольшее расстояние между



осью рассматриваемой поверхности вращения и базой (осью базовой поверхности или общей осью двух или нескольких поверхностей) на длине нормируемого участка.

Отклонение от симметричности (EPS): наибольшее расстояние между плоскостью симметрии (осью) рассматриваемого элемента (элементов) и базой – плоскостью симметрии базового элемента, осью или общей плоскостью симметрии двух или нескольких элементов в пределах нормируемого участка.

Позиционное отклонение (EPP): наибольшее расстояние между реальным расположением элемента (его центра, оси или плоскости симметрии) и его номинальным расположением в пределах нормируемого участка.

Отклонение от пересечения осей (EPX): наименьшее расстояние между осями, номинально пересекающимися.

## 13 Шероховатость

Шероховатость поверхности — совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенную с помощью базовой длины. Появляется в процессе формообразования.

$R_a$  — среднее арифметическое отклонение профиля.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

$R_z$  — высота неровностей профиля по 10 точкам. 5 — наибольшие выступы, 5 — наибольшие впадины.

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| - \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5}$$

$R_{\max}$  — наибольшая высота неровностей профиля. Расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля.

$S_m$  — средний шаг неровностей профиля — среднее значение неровностей профиля в пределах базовой длины.

$S$  — Средний шаг выступов профиля — среднее значение выступов профиля в пределах базовой длины.

$t_p$  — Относительная опорная длина профиля — отношение опорной длины профиля к базовой длине.

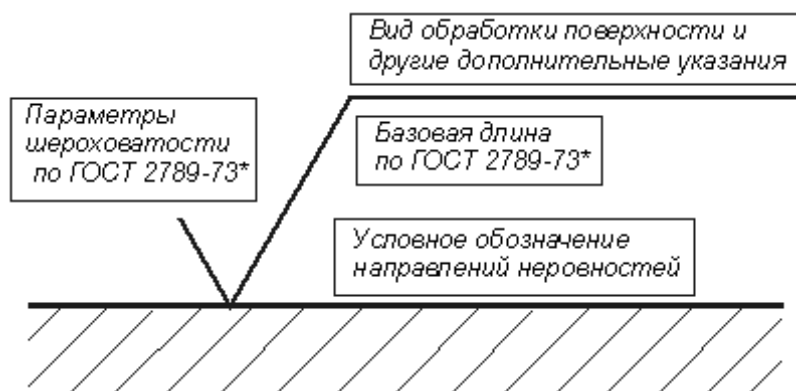


Рис. 4: Обозначение шероховатости

$$t_p = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i$$

## 14 Резьбовые соединения.

Приведенный средний диаметр резьбы — средний диаметр воображаемой идеальной резьбы, которая имеет те же шаг и угол наклона боковых сторон, что и основной или номинальный профиль резьбы, и длину, равную заданной длине свинчивания, которая плотно (без взаимного смещения или натяга) соприкасается с реальной резьбой по боковым сторонам резьбы. Необходим для упрощения допусков контроля резьбы.

$$d_{2\text{пр}} = d_{2\text{изм}} + f_p + f_\alpha$$

$$D_{2\text{пр}} = D_{2\text{изм}} - (f_p + f_\alpha)$$

$f_p$  — диаметральная компенсация погрешности шага.

Средний диаметр, шаг и угол профиля являются основными параметрами резьбы, т.к. они определяют характер контакта резьбового соединения. Однако вследствие взаимосвязи между отклонениями шага, угла профиля и собственно среднего диаметра допустимые отклонения этих параметров раздельно не нормируют. Устанавливают только суммарный допуск на средний диаметр болта  $Td_2$  и гайки  $TD_2$ , который включает допустимое отклонение собственно средне-

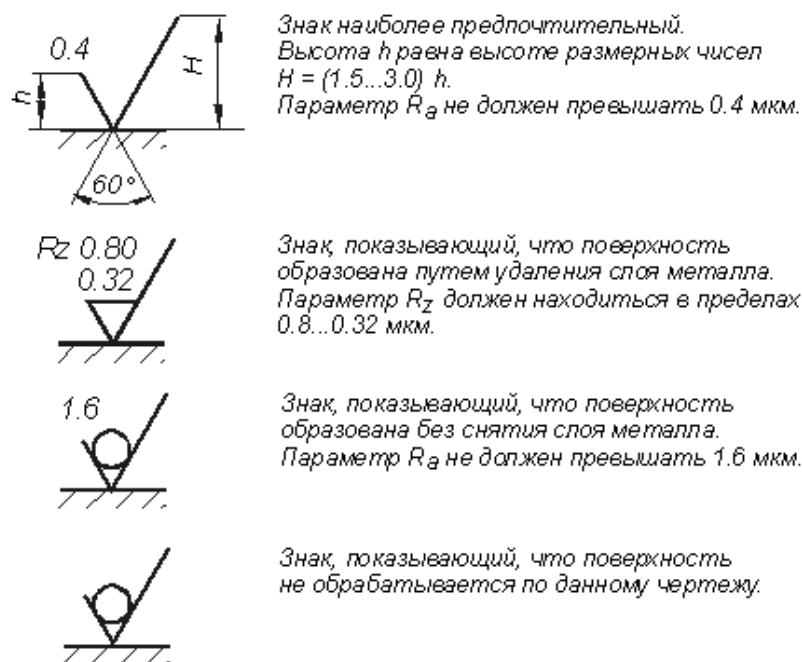


Рис. 5: Обозначение шероховатости на чертеже.

го диаметра  $\Delta d_2$  и диаметральные компенсации погрешности шага и угла профиля, т.е.

$$TD_2 = \Delta D_2 + f_p + f_\alpha$$

Условия годности резьбы:

$$d_{2\text{изм}} \geq d_{2\text{min}}; d_{2\text{пр}} \leq d_{2\text{max}}$$

Пример обозначения резьбы: M12-6g(наружная); M12-6H(внутренняя)

## 15 Зубчатые передачи

Классификация зубчатых передач:

1. Отсчётные — зубчатые передачи различных счётных механизмов. Основное требование — высокая кинематическая точность.
2. Скоростные — требуется плавность работы.
3. Силовые — зубчатые передачи в прокатных станах. Требуется полнота контакта сопряжённых зубьев

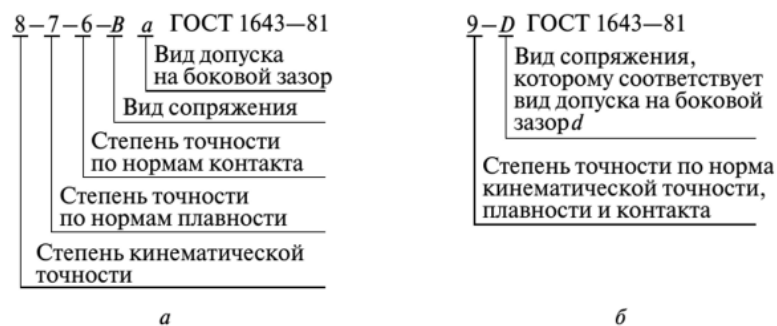


Рис. 6: Обозначение точности зубчатого колеса

Установлено 12 степеней точности.

Нормы точности:

1. Кинематическая — устанавливает разность между действительными и номинальными углами поворота колеса
2. Плавность работы — ограничивает погрешность угла поворота колеса при повороте на 1 зуб.
3. Контактная точность — Ограничивают неполноту контакта сопряжённых зубьев

Погрешность передаточного отношения:

$$F_{ior} = (\varphi_{2\text{действ}} - \varphi_{2\text{ном}}) \cdot r [\text{мкм}]$$

Принцип комбинирования норм точности — для одного колеса можно назначать разные точности на разные параметры. Упрощает производство, т. к. последняя операция может улучшать только 1 показатель.

Виды сопряжений зубьев зубчатых колес в передачах

Характер сопряжений зубьев определяется боковым зазором между их нерабочими боковыми поверхностями.

Боковой зазор в передаче отсчитывают по общей нормали к боковым поверхностям зубьев (по линии зацепления). Он необходим для компенсации погрешностей изготовления и сборки передач, для создания расчетных условий смазывания, а также для устранения опасности заклинивания зубьев одного зубчатого колеса во впадинах другого в результате тепловых и силовых деформаций.

## 16 Измерения

Прямое измерение – это измерение, измерение в котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных.

Косвенное измерение – искомую величину находят по известной зависимости между искомой величиной и величинами, определяемыми прямыми измерениями.

Методы измерения:

Метод непосредственной оценки – значение величины определяется непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора. Для этого необходимо, чтобы диапазон показаний шкалы был больше значения измеряемой величины.

$$\text{ДП} > L$$

При методе непосредственной оценки (НО) настройку прибора на нуль производят по базовой поверхности прибора. Под действием различных факторов (изменения температуры, влажности, вибраций и т.д.) может произойти смещение нуля. Поэтому периодически необходимо производить проверку и соответствующую регулировку.

Метод сравнения – измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. При измерении методом сравнения с мерой результатом наблюдения является отклонение измеряемой величины от значения меры. Значение измеряемой величины получают алгебраическим суммированием значения меры и отклонения от этой меры, определенного по показанию прибора.

$$L = M + \Pi$$

Случайные погрешности измерения — погрешность, изменяющая величину и знак в зависимости от случайных обстоятельств.

Случайные погрешности подчиняются закону распределения Гаусса:

$$P(x) = \frac{1}{G\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2G^2}}$$

Систематическая погрешность — погрешность, постоянная по определённому закону при повторных применениях.

Результаты наблюдений, полученные при наличии систематической погрешности, называются неисправленными. При проведении измерений стараются в максимальной степени исключить или учесть

влияние систематических погрешностей. Это может быть достигнуто следующими путями:

- устранением источников погрешностей до начала измерений. В большинстве областей измерений известны главные источники систематических погрешностей и разработаны методы, исключаяющие их возникновение или устраняющие их влияние на результат измерения. В связи с этим в практике измерений стараются устранить систематические погрешности не путем обработки экспериментальных данных, а применением СИ, реализующих соответствующие методы измерений;
- определением поправок и внесением их в результат измерения;
- оценкой границ неисключенных систематических погрешностей.

## 17 Контроль

Калибры – средства измерительного контроля, предназначенные для проверки соответствия действительных размеров, формы и расположения поверхностей деталей заданным требованиям.

Калибры применяют для контроля деталей в массовом и серийном производствах. Калибры бывают нормальные и предельные.

Нормальный калибр – однозначная мера, которая воспроизводит среднее значение (значение середины поля допуска) контролируемого размера. При использовании нормального калибра о годности детали судят, например, по зазорам между поверхностями детали и калибра, либо по «плотности» возникающего сопряжения между контролируемой деталью и нормальным калибром. Оценка зазора, следовательно, результаты контроля в значительной мере зависят от квалификации контролера и имеют субъективный характер.

Предельные калибры – мера или комплект мер обеспечивающие контроль геометрических параметров деталей по наибольшему и наименьшему предельным значениям. Изготавливают предельные калибры для проверки размеров гладких цилиндрических и конических поверхностей, глубины и высоты уступов, параметров резбовых и шлицевых поверхностей деталей. Изготавливают также калибры для контроля расположения поверхностей деталей, нормированных позиционными допусками, допусками соосности и др.

При контроле предельными калибрами деталь считается годной, если проходной калибр под действием силы тяжести проходит, а непроходной калибр не проходит через контролируемый элемент детали. Результаты контроля практически не зависят от квалификации оператора.

По конструкции калибры делятся на пробки и скобы. Для контроля отверстий используют калибры-пробки, для контроля валов – калибры-скобы.

Обозначение на чертеже:  $PP = 60,0065_{-0.0012}$

## 18 Техническое регулирование

Техническое регулирование – правовое регулирование отношений при установлении, применении и исполнении обязательных требований к объектам технического регулирования, добровольных требований к объектам технического регулирования, выполнению работ или оказанию услуг и правовому регулированию отношений при оценке соответствия.

Документ, осуществляющий это регулирование – технический регламент, документ, имеющий силу закона РФ, который и устанавливает обязательные для применения требования к объектам технич. регулирования.

Объекты технического регулирования:

- продукция, в т.ч. здания, строения и сооружения;
- процессы проектирования (в т.ч. изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

Техническое регулирование направлено на отношения, возникающие:

1. при разработке, принятии, применении и исполнении обязательных требований к объектам технического регулирования;
2. разработке, принятии, применении и исполнении на добровольной основе требований к объектам технического регулирования, выполнению работ или оказанию услуг;
3. оценке соответствия.

Контроль (надзор) за соблюдением требований ТР – проверка выполнения юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем требований ТР к продукции или связанным с ними процессам ЖЦП и принятие мер по результатам проверки.

## 19 Стандартизация

Принцип предпочтительности — один из основных принципов, используемых в стандартизации. Различают качественный и количественный аспекты применения этого принципа. Качественный аспект состоит в образовании предпочтительных рядов объектов стандартизации. Предпочтительность устанавливают для сложных объектов (изделий, деталей, процессов, типовых решений, обозначений), а также для их элементов (отдельных требований, параметров, норм точности и т.д.). Количественный аспект связан с построением числовых параметрических рядов.