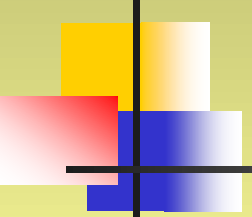


ФГАОУ ВПО «Российский государственный
профессионально-педагогический университет»

Технология контроля качества изделий машиностроения

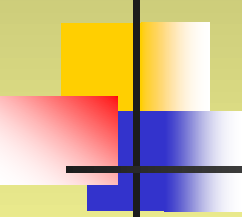
Установочные лекции
Автор Д.Г. Мирошин





Цель дисциплины

- Целью курса «ТКИМ» является формирование знаний о метрологических характеристиках, принципах построения средств размерного контроля изделий машиностроения, методах измерений и оценки погрешностей измерений, а также о наиболее распространенных средствах контроля.
- После изучения дисциплины студенты должны:
- *уметь* выбирать соответствующие конкретным условиям методы и средства измерения, рассчитывать метрологические характеристики измерительных приборов;
- *быть способными* настраивать средства измерения и измерять ими, используя различные методы измерения, определять ошибки измерений при различных методах и условиях измерений.



Структура дисциплины

- Установочные лекции: 10 часов
- Практические занятия: 6 часов
- Лабораторные работы: 4 часа
- Контрольная работа
- Зачет

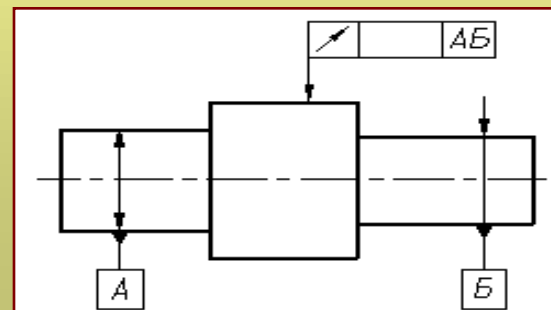
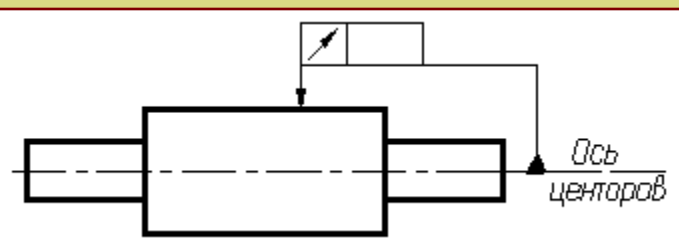
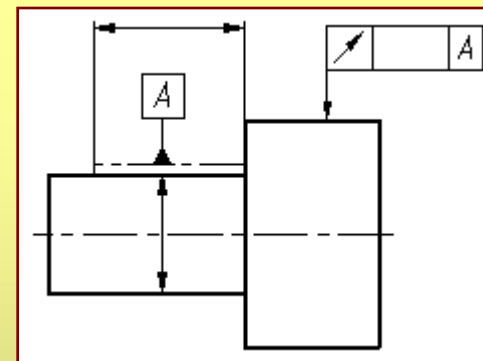
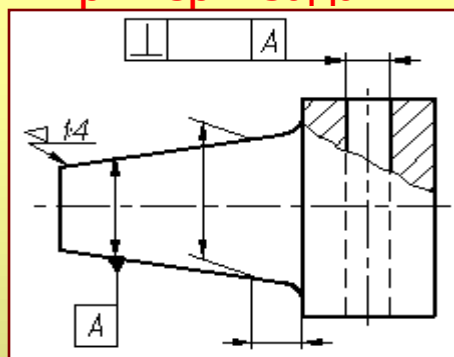
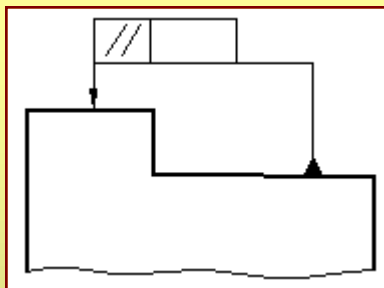
Содержание дисциплины

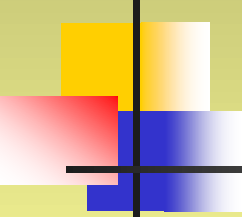


Контрольная работа

- **Цель контрольной работы** - научить студентов применять полученные теоретические знания по дисциплине «ТКИМ» при решении практических задач по выбору средств измерения и разработке схем измерения.
- При выполнении контрольной работы студент должен разработать схемы контроля отклонений формы или расположения поверхностей для двух деталей.

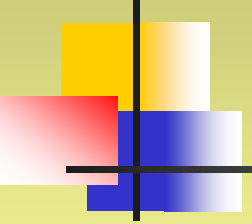
Примеры заданий





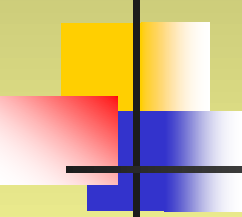
Рекомендуемая литература

- *Тартаковский Д.Ф., Ястребов А. С.* Метрология, стандартизация и технические средства: Учеб. для вузов. - М.: Высш. шк., 2001. - 205 с.
- *Цитович Б.В., Соломахо В.Л.* Основы стандартизации, допуски и технические измерения. - Минск.: Дизайн ПРО, 2000. - 240 с.
- *Белкин И.М.* Допуски и посадки (Основные нормы взаимозаменяемости): Учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. высш. техн. заведений. - М.: Машиностроение, 1992. - 528 с.
- *Зайдель А.Н.* Элементарные оценки ошибок измерений. - 3-е изд., испр. и доп. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1986. - 96 с.
- *Линейные и угловые измерения / Т.Д. Бурдун, Г.С. Бирюков, М.Г. Богуславский и др. — М.: Изд-во стандартов, 1977. - 512 с.*
- *Шишкин И.Ф.* Метрология, стандартизация и управление качеством: Учеб. для вузов / Под ред. акад. Н.С. Соломенко. - М.: Изд-во стандартов, 1990.- 342 с.
- Методические указания и задания для выполнения контрольной работы по дисциплине «Технология контроля качества изделий машиностроения»



План

- Общие сведения об измерениях и средствах измерения
- Погрешности измерений
- Принципы построения средств контроля
- Погрешности формы и расположения поверхностей деталей и их контроль



Общие сведения об измерениях и средствах измерения

Введение

- В современное время измерение параметров изделий возможно только с помощью дорогостоящих средств измерений.
- На конвейере приходится тратить большое количество средств и времени на трудоемкие операции измерения.



и угловым
г
во изделий,
емости

строении
35% от них
тому
нных
я.

Тенденции развития средств контроля



Некоторые элементы теории размерного контроля

- **Технический контроль** - проверка соответствия продукции установленным техническим требованиям
- **Размерный контроль** – совокупность операций и приемов сопоставления действительных геометрических параметров детали предъявляемым к ней требованиям
- **Измерение** – процесс сопоставления размера детали с мерой, позволяющей выразить размер в числовой форме

Измерение и контроль

Контроль



Измерение



Контроль может быть реализован без измерения.

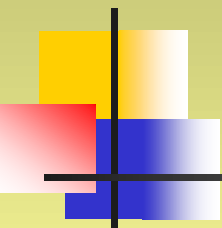
Переход от измерения к контролю может быть осуществлен,
однако обратного перехода быть не может

Основные требования к техническим измерениям

- Единство измерений
- Такое состояние измерительных средств, в котором результаты всех измерений, проводимых в стране выражены в тех же единицах.
- Точность измерений
- Степень приближения результатов измерений к истинному значению измеряемой величины



Классификация средств и методов контроля



Средства контроля

Неавтоматизированные

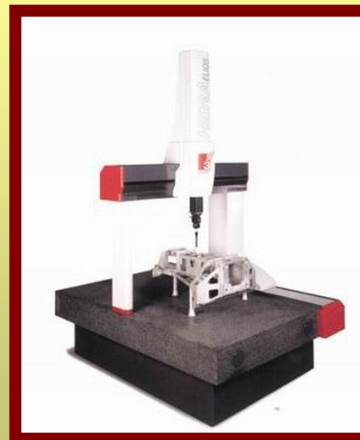
Автоматизированные

Вещественные
меры

Измерительные
приборы

Автоматизирован-
ные установки

Измерительные
комплексы



Классификация средств и методов контроля

По принципу действия

Механические



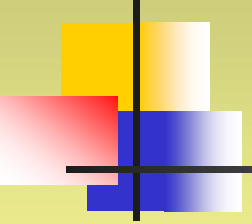
Оптические

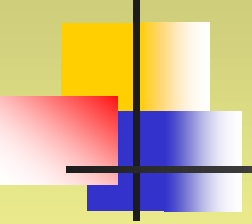


Электрические



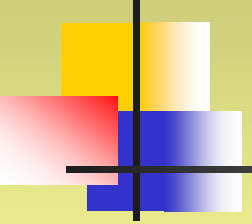
Классификация средств и методов контроля

- 
- По назначению:
 - Для измерения наружных и внутренних размеров
 - Для измерения резьбы
 - Для измерения углов и конусов
 - Для измерения круглости
 - Для измерения параметров зубьев зубчатых колес
 - Для измерения плоскостности и прямолинейности
 - и т.д.



Виды и методы измерений

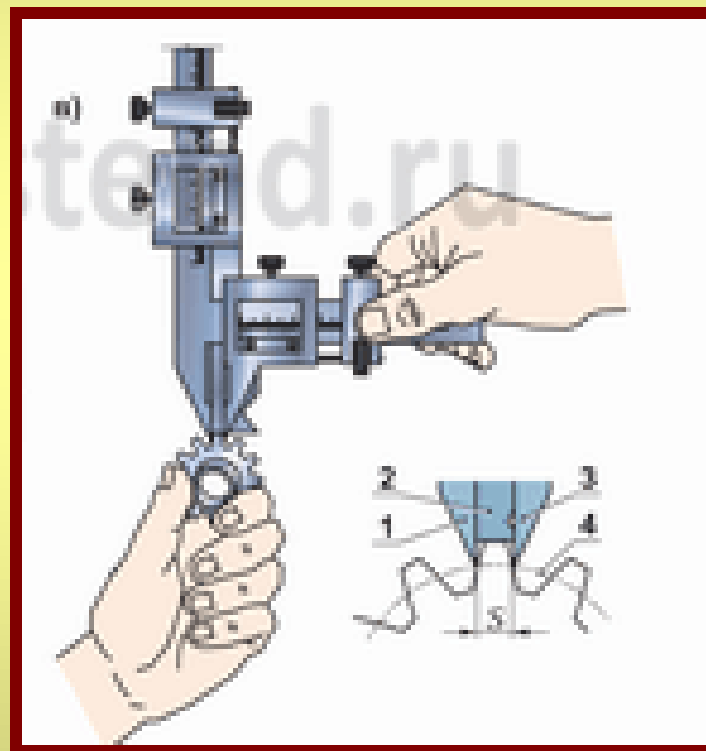
- По способу получения измеряемой величины измерения могут быть:
- **Прямые** (искомое значение величины находится из опытных данных)
- **Косвенные** (искомое значение находится на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям)



Виды и методы измерений

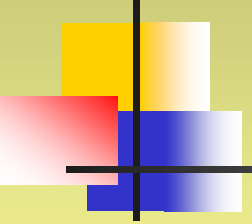
- Абсолютные и относительные измерения:
- **Абсолютные** — основаны на прямых измерениях величины
- **Относительные** — основаны на сравнении измеряемой величины с известным значением меры

Абсолютные измерения



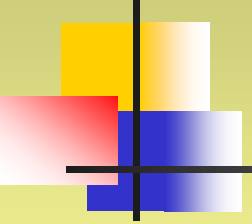
Относительные измерения





Методы измерений

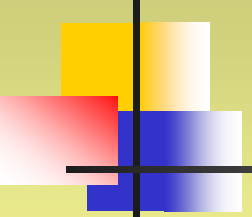
- Методы измерений образуют измерительные средства и приемы их использования.
- **Метод непосредственной оценки** (значение величины определяется непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия)
- **Метод сравнения с мерой** (измеряемые величины сравниваются с величинами, воспроизводимыми мерой)



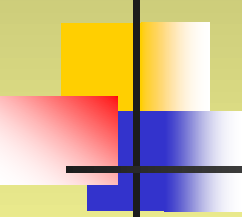
Методы измерений

- Способы сравнения с мерой
- Дифференциальный
- На измерительный прибор воздействует разность измеряемой величины и величины, воспроизводимой мерой
- Метод совпадений
- Совпадение отметок шкал на измерительном приборе (основная и нониусная шкалы)

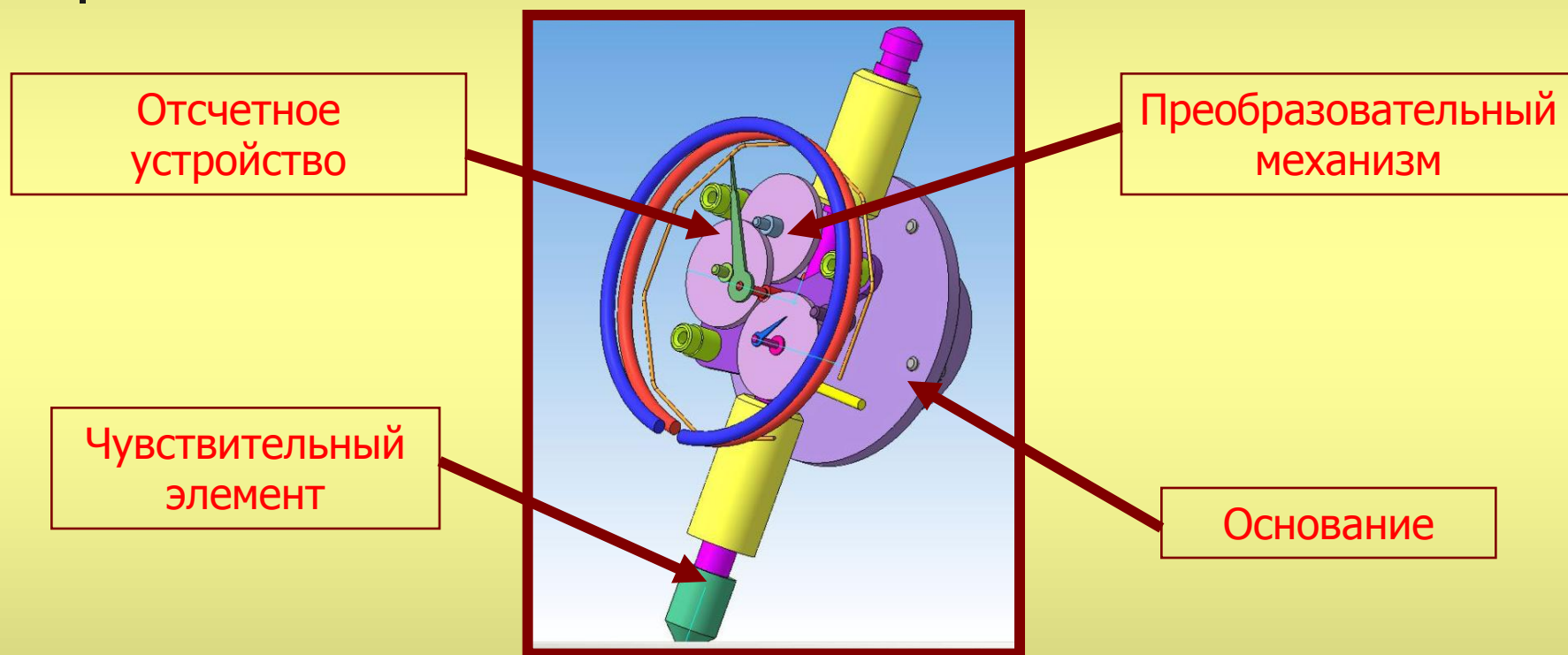
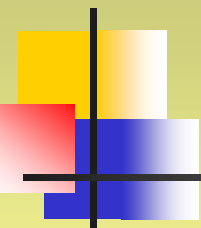
Метрологические показатели средств контроля

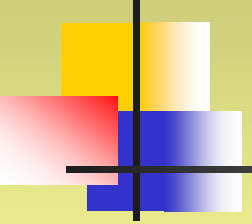
- 
- **Цена деления шкалы** – разность значений измеряемых величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы
 - **Длина деления шкалы** – расстояние между двумя соседними отметками шкалы
 - **Отсчет** – число, полученное по отсчетному устройству, либо полученное в результате отсчета последних отметок или сигналов
 - **Чувствительность** – отношение изменения сигнала на выходе прибора к вызывающему его изменению измеряемой величины

Метрологические показатели средств контроля

- 
- **Диапазон показаний** – область значений шкалы, ограниченная ее конечными и начальными значениями
 - **Диапазон измерений** – область измеряемой величины для которой нормированы допускаемые погрешности измерения
 - **Измерительное усилие** – сила, создаваемая прибором при контакте с изделием и действующая по линии измерения
 - **Погрешность средства измерения** – допустимая погрешность, определяющая точность измерительного средства

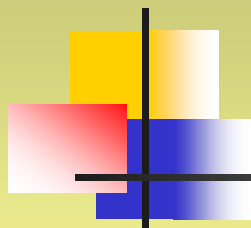
Общие элементы конструкции измерительных приборов



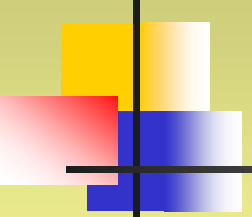


Общие элементы конструкции измерительных приборов

- **Основание** – элемент измерительного прибора на котором монтируются все остальные элементы
- **Чувствительный элемент** - элемент измерительного прибора на который действует измеряемая величина
- **Преобразовательный механизм** – внутренний механизм, преобразующий малые перемещения чувствительного элемента в большие перемещения на отсчетном устройстве, которые можно наблюдать и отсчитывать
- **Отсчетное устройство** – устройство для считывания показаний прибора (шкала и указатель)

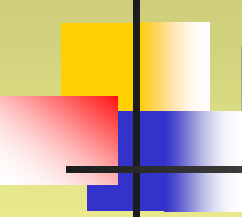


Погрешности измерений



Общие сведения о погрешностях измерений

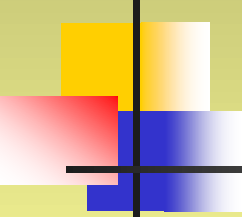
- При анализе измерений следует четко разграничивать два понятия: истинные значения физических величин и их эмпирические проявления - результаты измерений.
- **Истинные значения физических величин** - это значения, идеальным образом отражающие свойства данного объекта как в количественном, так и в качественном отношении. Они не зависят от средств нашего познания и являются абсолютной истиной.
- **Результаты измерений**, напротив, являются продуктами нашего познания. Представляя собой приближенные оценки значений величин, найденные путем измерения, они зависят не только от них, но еще и от метода измерения, от технических средств, с помощью которых проводятся измерения, и от свойств органов чувств наблюдателя, осуществляющего измерения.



Общие сведения о погрешностях измерений

- Разница Δ между результатами измерения X' и истинным значением Q измеряемой величины называется погрешностью измерения

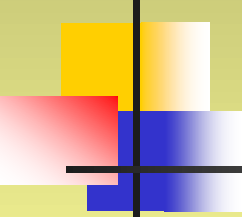
$$\Delta = X' - Q$$



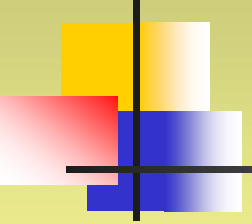
Причины возникновения погрешностей измерения

- Причинами возникновения погрешностей являются:
- несовершенство методов измерений,
- несовершенство технических средств, применяемых при измерениях,
- несовершенство органов чувств наблюдателя.
- причины, связанные с влиянием условий проведения измерений.

Факторы, влияющие на точность измерений

- 
- Факторы, проявляющиеся весьма нерегулярно и столь же неожиданно исчезающие или проявляющиеся с интенсивностью, которую трудно предвидеть. К ним относятся:
 - перекосы элементов приборов в их направляющих,
 - нерегулярные изменения моментов трения в опорах,
 - малые флуктуации влияющих величин,
 - изменения внимания операторов
 - и др.
 - Доля, или составляющая, суммарной погрешности измерения, определяемая действием факторов этой группы, называется **случайной погрешностью измерения**.
Ее основная особенность в том, что она случайно изменяется при повторных измерениях одной и той же величины.

Факторы, влияющие на точность измерений

- 
- Факторы, постоянные или закономерно изменяющиеся в процессе измерительного эксперимента:
 - плавные изменения влияющих величин
 - погрешности применяемых при измерениях образцовых мер.
 - Составляющие суммарной погрешности), определяемые действием факторов этой группы, называются **систематическими погрешностями измерения**
Их отличительная особенность в том, что они остаются постоянными или закономерно изменяются при повторных измерениях одной и той же величины. До тех пор, пока систематические погрешности больше случайных, их зачастую можно вычислить или исключить из результатов измерений надлежащей постановкой опыта.

Классификация систематических погрешностей

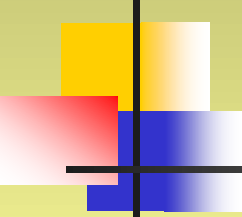
Систематические погрешности

Погрешности
метода

Погрешности,
обусловленные
неправильной установкой
и взаимным
расположением средств
измерения

Инструментальные
погрешности

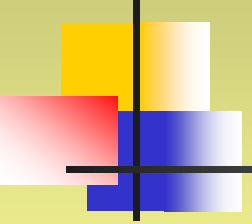
Личные
погрешности



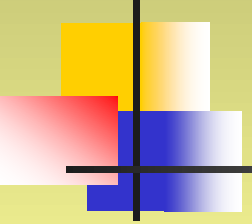
Погрешности метода

- **Погрешности метода**- теоретические погрешности, проистекающие от ошибочности или недостаточной разработки принятой теории метода измерений в целом или от допущенных упрощений при проведении измерений.
- Погрешности метода возникают также при экстраполяции свойства, измеренного на ограниченной части некоторого объекта, на весь объект, если последний не обладает однородностью измеряемого свойства.
- Так, считая диаметр цилиндрического вала равным результату, полученному при измерении в одном сечении и в одном направлении, мы допускаем систематическую погрешность, полностью определяемую отклонениями формы исследуемого вала.
- При определении плотности вещества по измерениям массы и объема некоторой пробы возникает систематическая погрешность, если проба содержала некоторое количество примесей, а результат измерения принимается за характеристику данного вещества вообще.

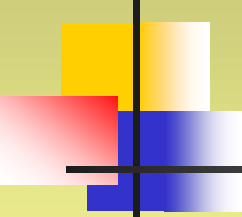
Инструментальные погрешности

- 
- Инструментальные погрешности- зависят от погрешностей применяемых средств измерений.
 - Среди инструментальных погрешностей в отдельную группу выделяются погрешности схемы, не связанные с неточностью изготовления средств измерения и обязанные своим происхождением самой структурной схеме средств измерений.
 - Исследование инструментальных погрешностей является предметом специальной дисциплины - теории точности измерительных устройств.

Погрешности, обусловленные неправильной установкой и взаимным расположением средств измерения



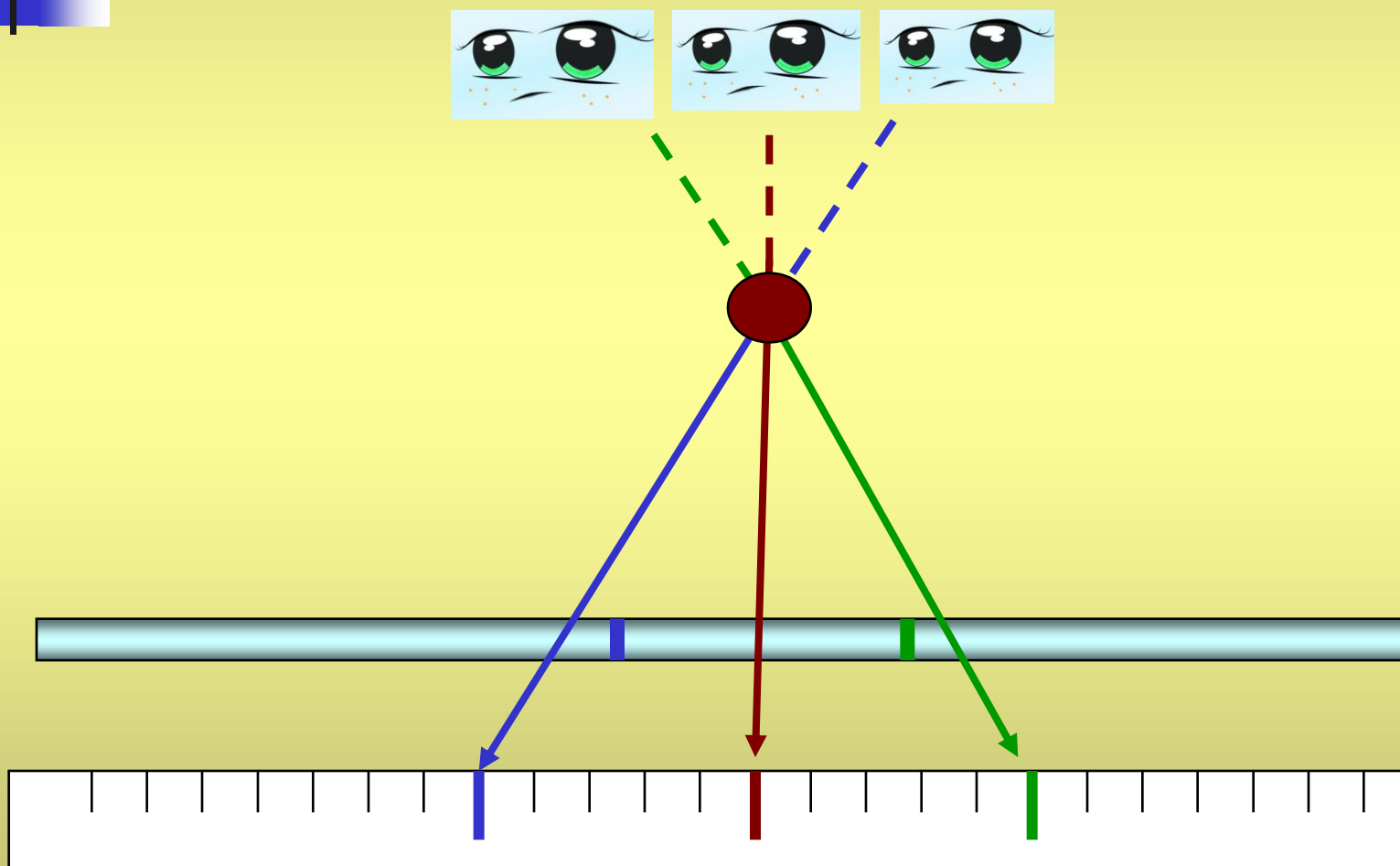
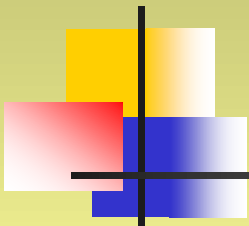
- Погрешности, обусловленные неправильной установкой и взаимным расположением средств измерения- являются частью единого комплекса, несогласованностью их характеристик, влиянием внешних температурных, гравитационных, радиационных и других полей, нестабильностью источников питания, несогласованностью входных и выходных параметров электрических цепей приборов и так далее.



Личные погрешности

- **Личные погрешности** - обусловленные индивидуальными особенностями наблюдателя.
- Такого рода погрешности вызываются, например, запаздыванием или опережением при регистрации сигнала, неправильным отсчетом десятых долей деления шкалы, асимметрией, возникающей при установке штриха посередине между двумя рисками.

Пример – погрешность параллакса



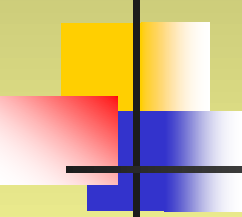
Абсолютная и относительная погрешности измерений

- Абсолютная погрешность измерения ($\Delta_{изм.}$) - разность между действительным и истинным значениями измеряемой величины:

- $\Delta_{изм.} = X_{д.} - X_{и}$

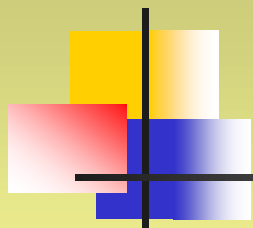
Относительная погрешность измерения ($\delta_{изм.}$) - отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины, выраженное в %:

$$\delta_{изм.} = \left(\frac{\Delta_{изм.}}{X_{и.}} \right) \times 100\% \approx \left(\frac{\Delta_{изм.}}{X_{д.}} \right) \times 100\%$$

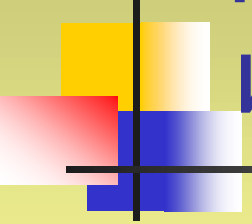


Общие рекомендации по подбору средств измерений

- Средство измерений в зависимости от его назначения и области применения должно удовлетворять определенным требованиям, из которых наиболее общими являются следующие:
- Диапазон измерений должен охватывать все практически необходимые значения измеряемой величины;
- Основная и дополнительная погрешности должны соответствовать решаемым при измерениях задачам;
- Прибор должен надежно работать при заданных условиях эксплуатации, что достигается применением современной элементной базы и высокотехнологичным монтажом.
- Управление прибором должно быть максимально простым и удобным для пользователя;
- Прибор должен удовлетворять требованиям техники безопасности при измерениях;
- Если средство измерения предполагается использовать в сфере деятельности метрологического контроля, то оно в обязательном порядке должно иметь сертификат об утверждении типа средств измерений Госстандарта России

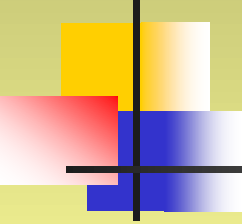


Принципы построения средств контроля



Два принципа конструирования измерительных приборов

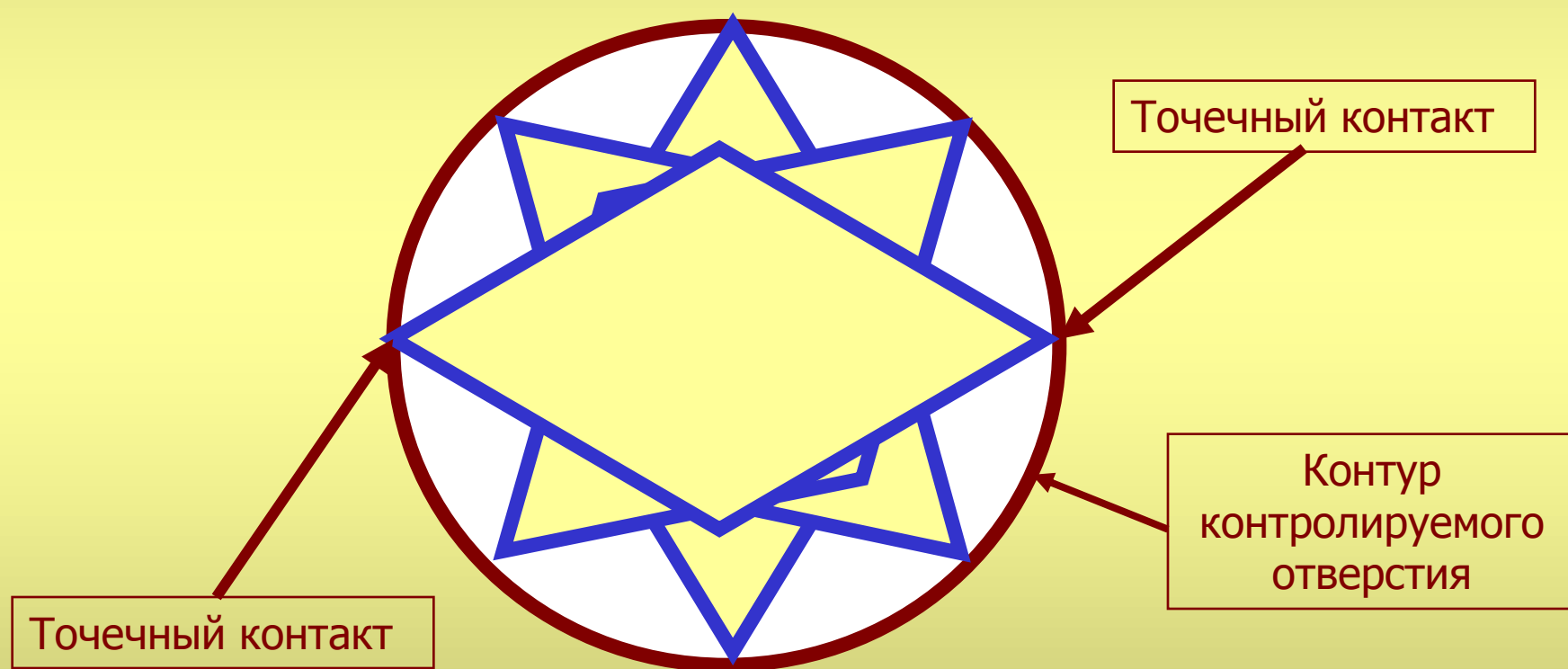
- Принцип Тейлора
- Принцип Аббе

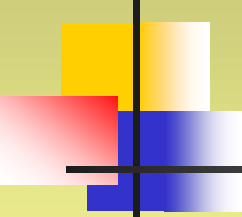


Принцип Тейлора 1-я часть

- Непроходной калибр должен контролировать не весь контур, а лишь его минимальный участок
- От должен иметь по возможности минимальный контакт с деталью
- Контроль при этом должен быть поэлементным

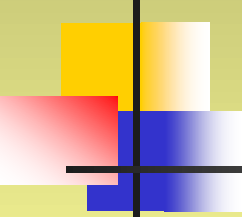
Принцип Тейлора 1-я часть



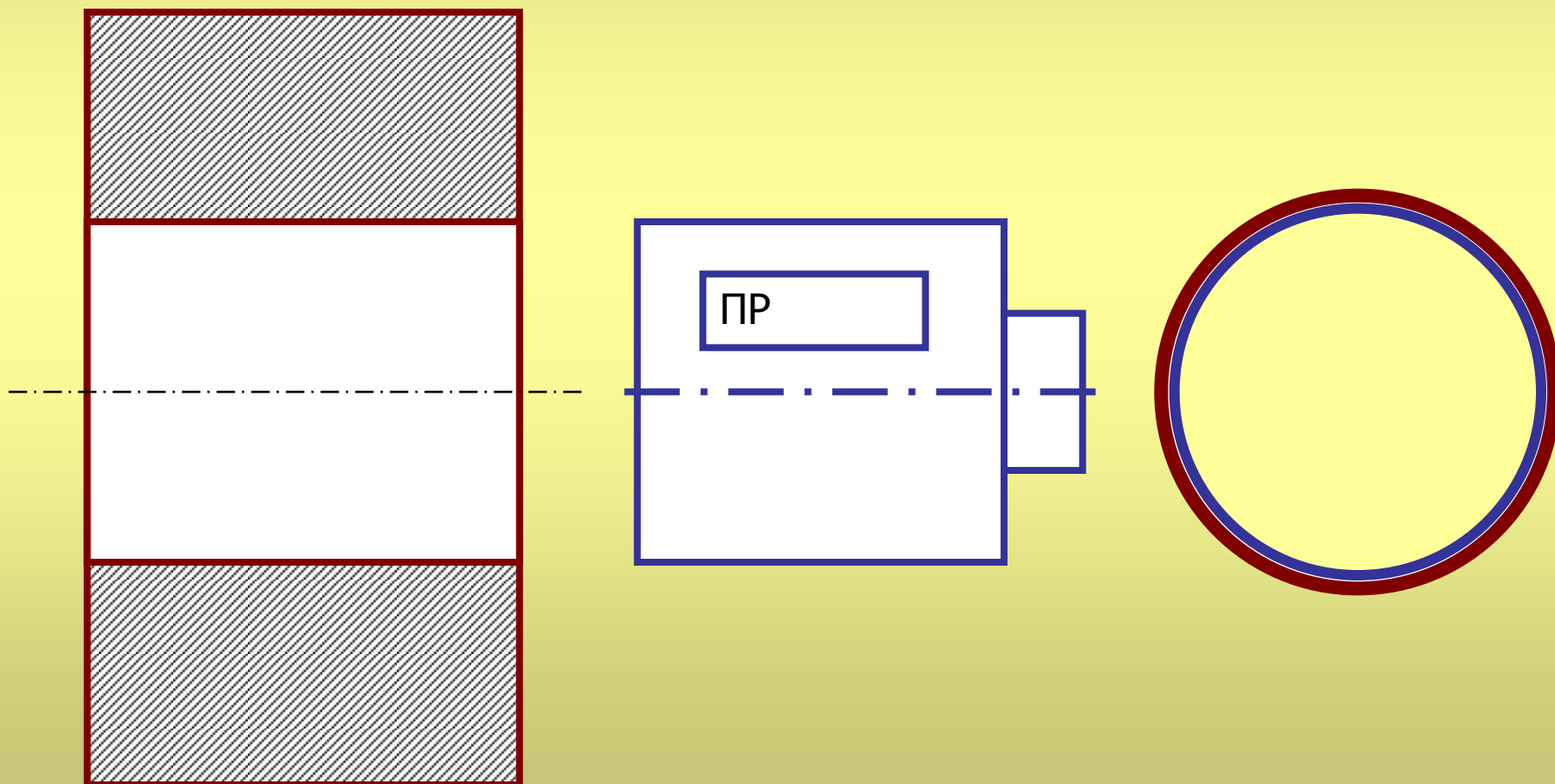


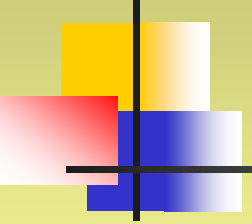
Принцип Тейлора 2-я часть

- Проходной калибр должен по своему контуру полностью повторять деталь, сопрягаемую с контролируемой деталью.
- Он должен иметь по возможности полный контур, обеспечивать максимальный контакт с деталью, что обеспечивает комплексный контроль



Принцип Тейлора 2-я часть





Принцип Аббе

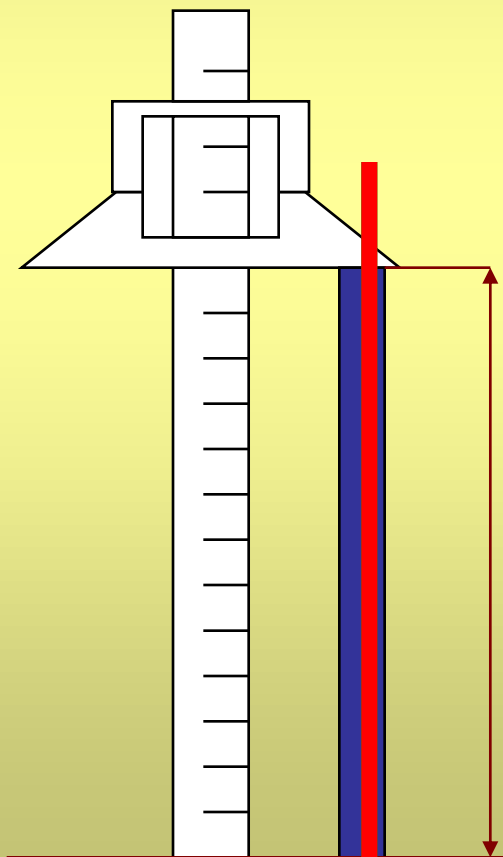
- При расположении оси контролируемого объекта на продолжении оси эталонной отсчетной шкалы прибора или параллельно ей ошибки измерения, вызванные несовершенством направляющих, имеют минимальные значения.
- При перекосе осей или направляющих, по которым перемещаются объект и образцовая шкала, имеет место погрешность второго порядка:

$$\Delta L = L(1 - \cos \varphi) = 1 / 2 L \varphi^2,$$

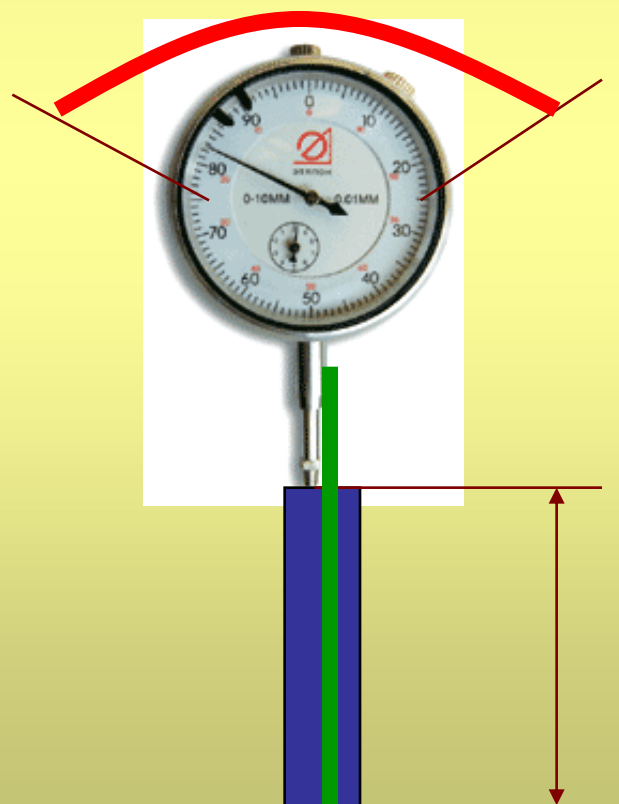
- где L - длина направляющей; φ - угол перекоса.

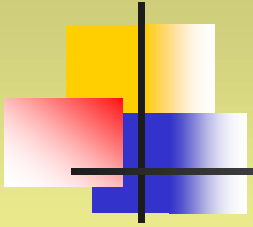
Принцип Аббе

Принцип Аббе соблюдается

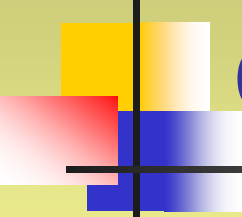


Принцип Аббе нарушается



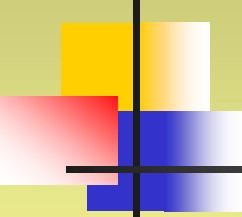


Погрешности формы и расположения поверхностей деталей и их контроль



Понятие отклонений от формы и расположения

- **Отклонение от формы** – отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от номинальной поверхности или номинального профиля.
- **Отклонение от расположения** – отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения
- **Допуски формы и расположения поверхностей** – наибольшие допускаемые значения отклонений формы и расположения поверхностей

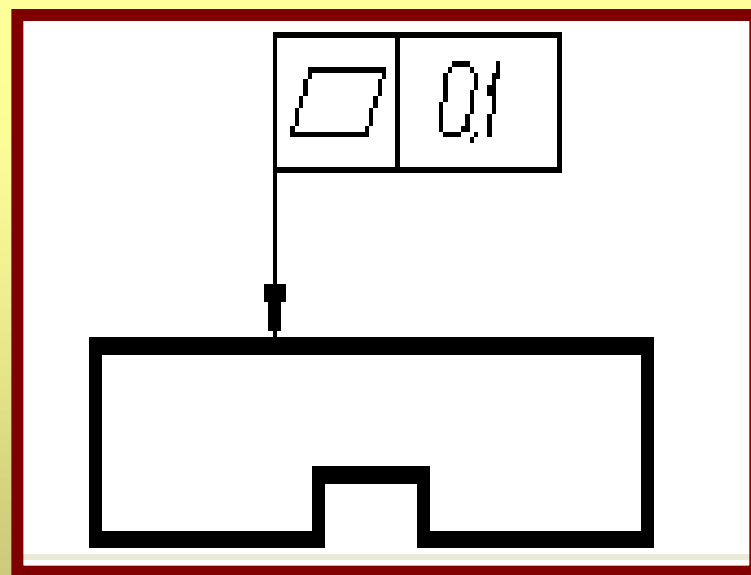
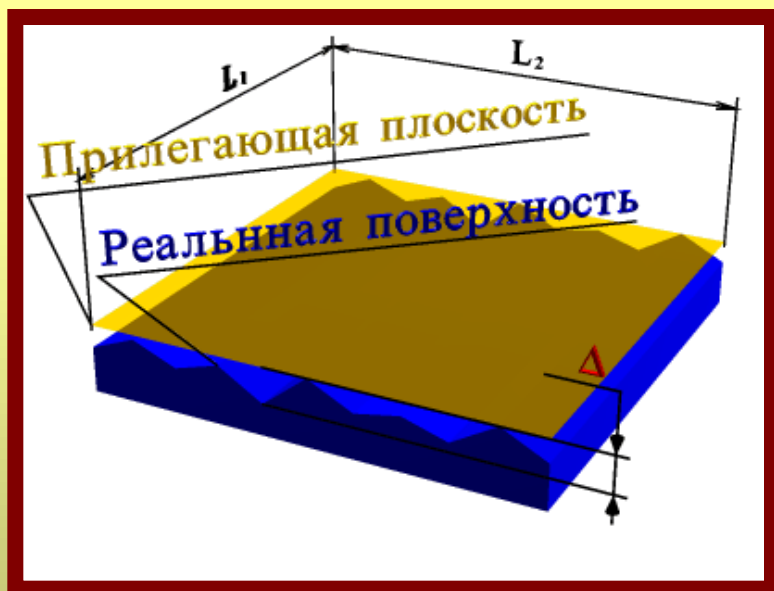


Отклонения формы и расположения поверхностей

- Отклонения формы поверхностей:
- Отклонение от плоскостности
- Отклонение от цилиндричности
- Отклонение от круглости
- Отклонения от профиля продольного сечения
- Отклонение от прямолинейности
- Отклонения расположения поверхностей:
- Отклонение от параллельности
- Отклонение от перпендикулярности
- Отклонение от симметричности
- Отклонение наклона плоскости
- Отклонение от соосности
- Позиционное отклонение оси
- Отклонение от пересечения осей
- Суммарные допуски формы и расположения поверхностей:
- Радиальное биение
- Торцовое биение

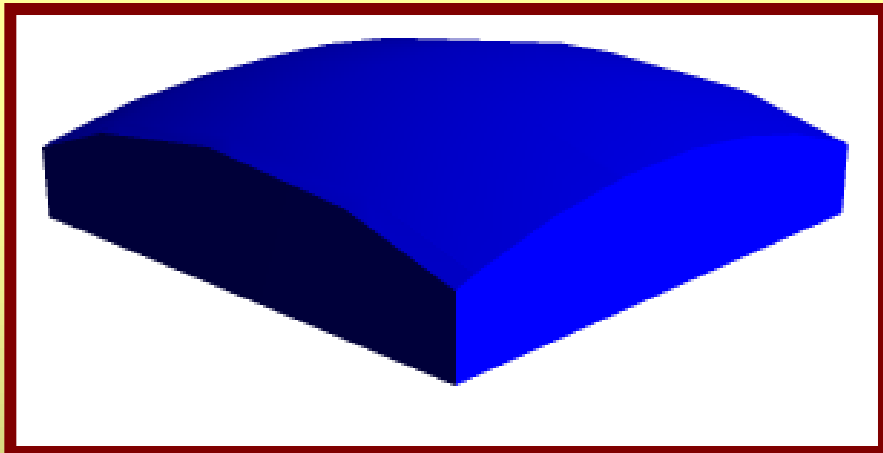
Отклонение от плоскостности

- Отклонение от плоскостности определяют как наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка

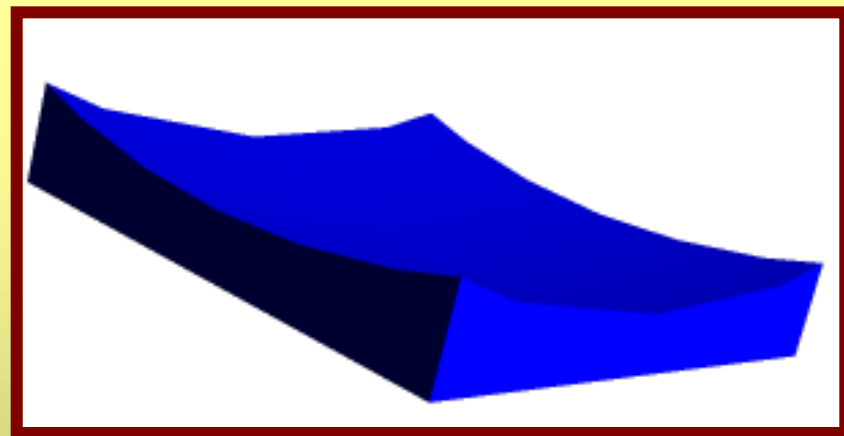


Типовые отклонения от плоскостности

Выпуклость

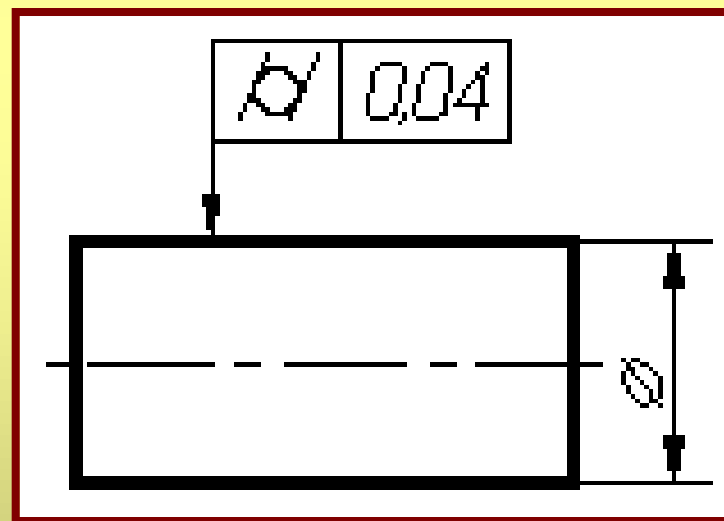
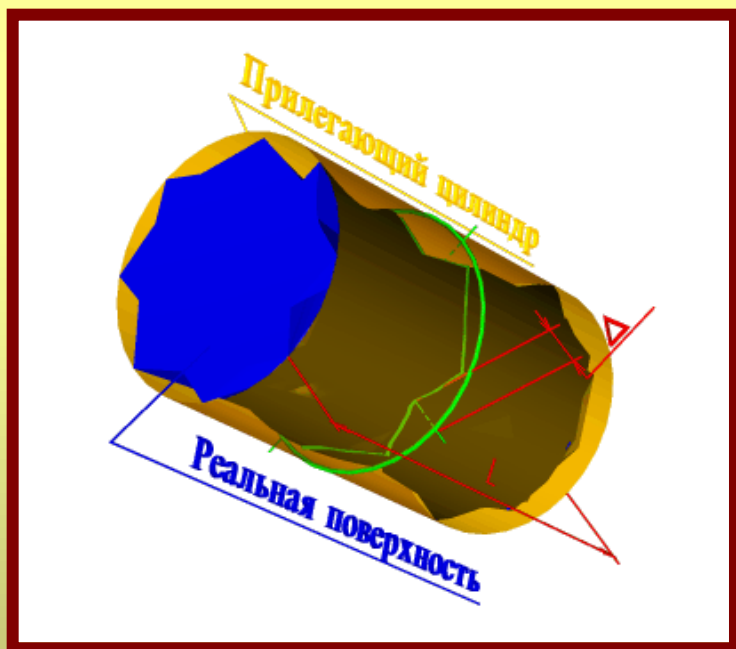


Вогнутость



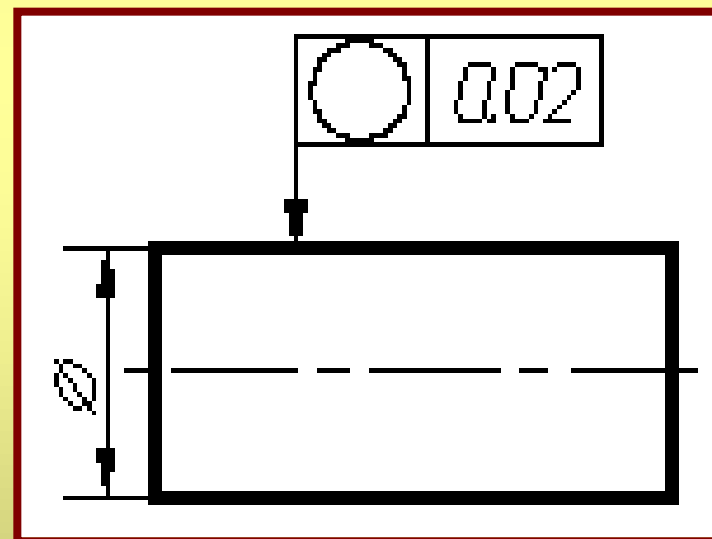
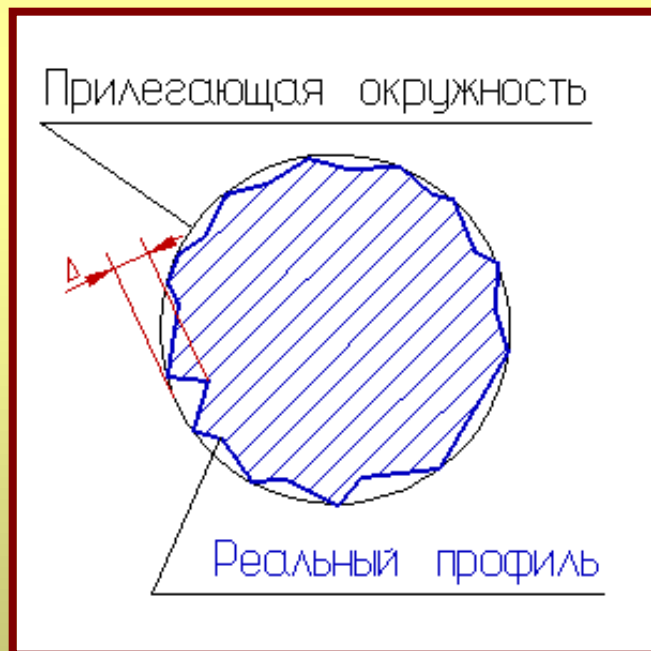
Отклонение от цилиндричности

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



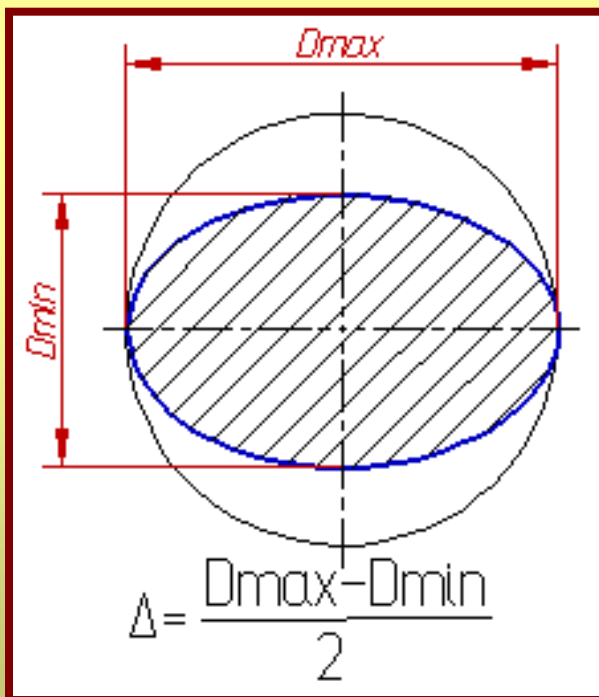
Отклонение от круглости

- **Отклонение от круглости** - наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности

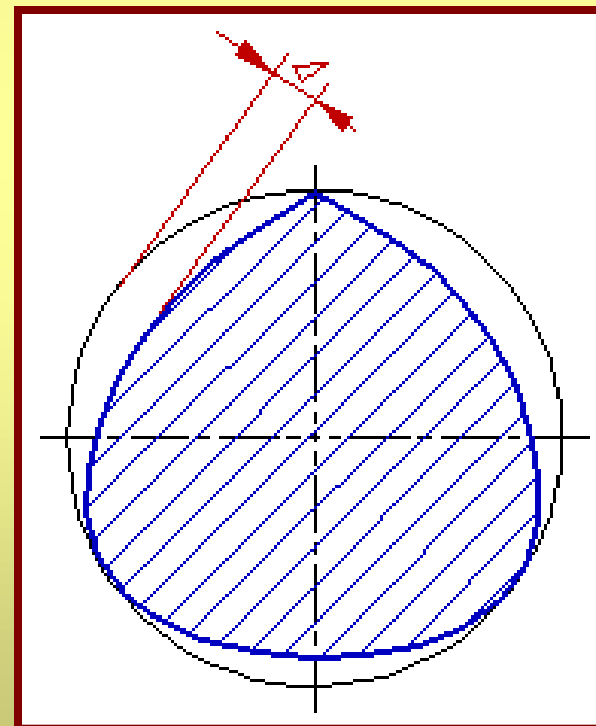


Типовые отклонения от круглости

Овальность

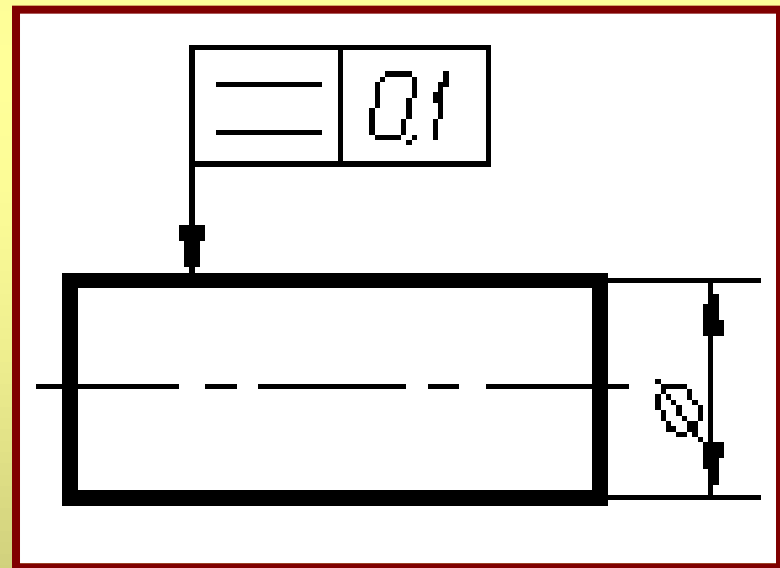
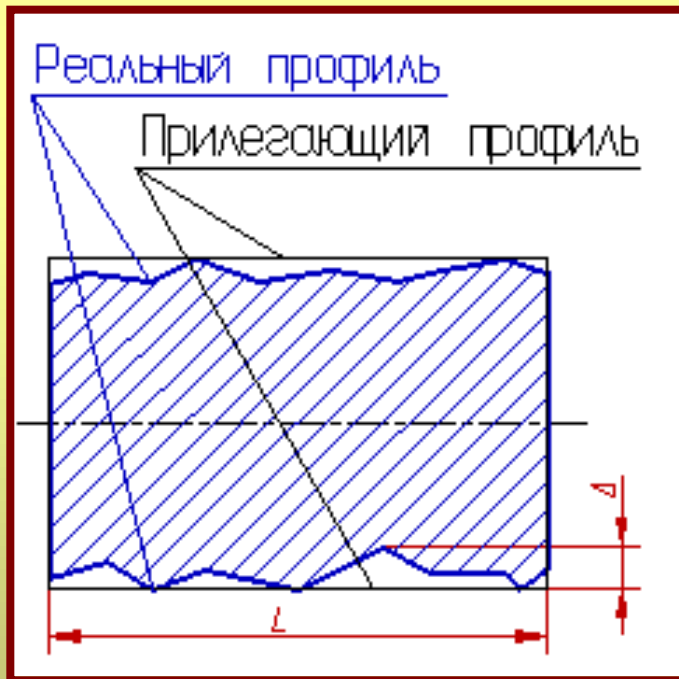


Огранка



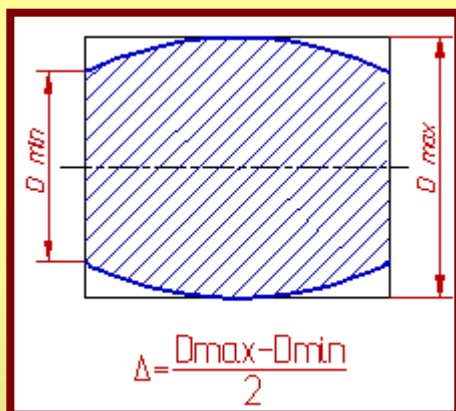
Отклонение от профиля продольного сечения

■ **Отклонение профиля продольного сечения** - наибольшее расстояние от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка

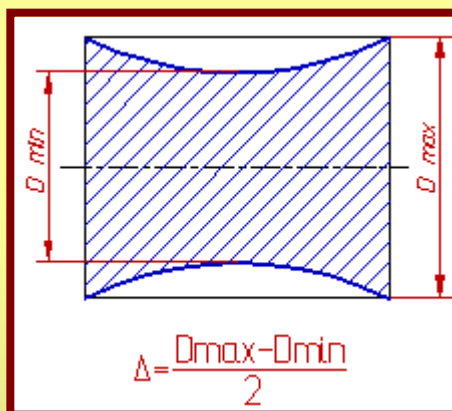


Типовые отклонения от профиля продольного сечения

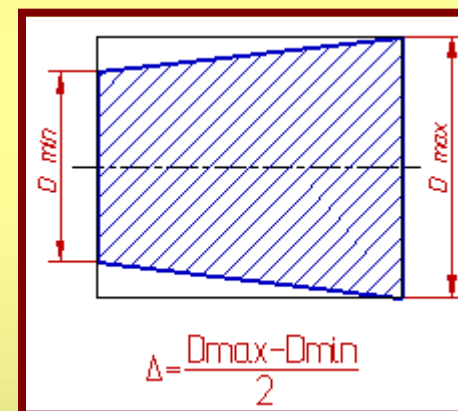
Бочкообразность



Седлообразность

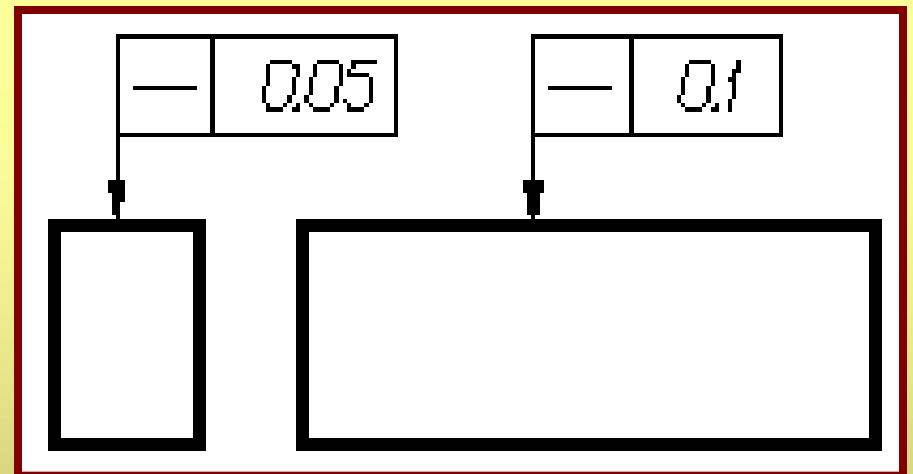
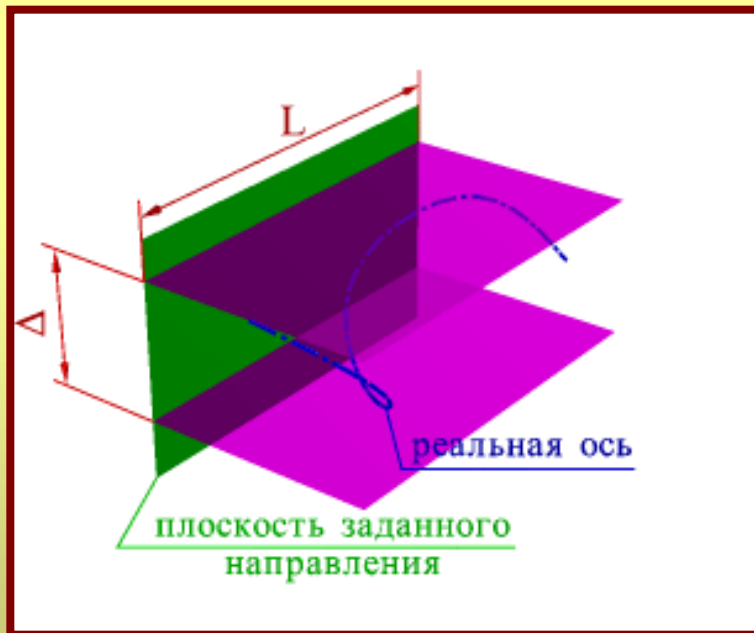


Конусообразность



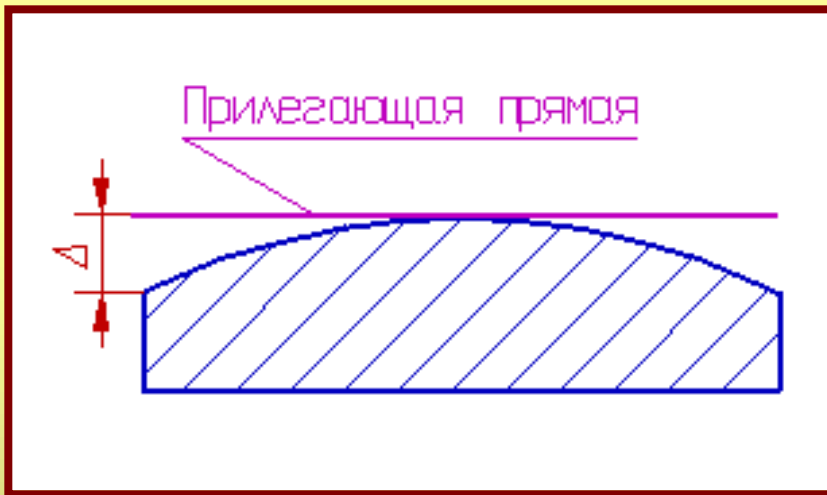
Отклонение от прямолинейности

- Отклонение от прямолинейности определяют как большее расстояние от точек реального профиля до прилегающей прямой.

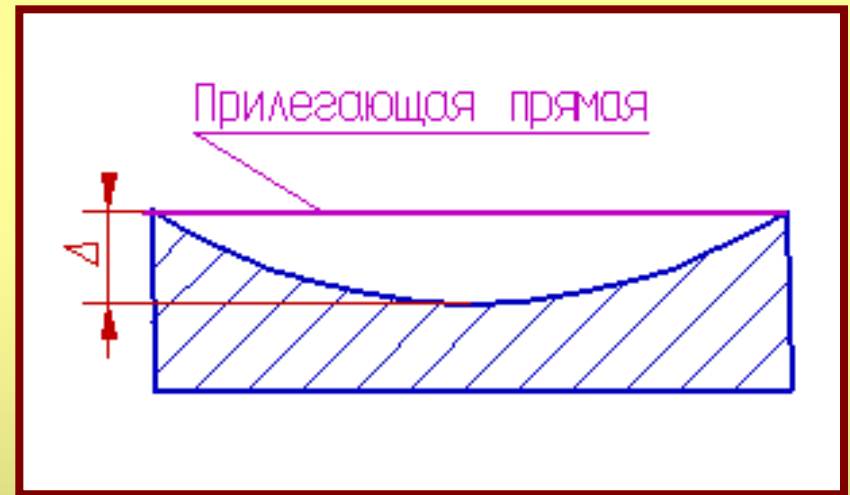


Типовые отклонения от прямолинейности

Выпуклость



Вогнутость



Отклонение от параллельности

- **Отклонение от параллельности плоскостей** - разность наибольшего и наименьшего расстояний между прилегающими плоскостями в пределах нормируемого участка.
- **Отклонение от параллельности осей (прямых) в пространстве** - геометрическая сумма отклонений от параллельности проекций осей (прямых) в двух взаимно перпендикулярных плоскостях; одна из этих плоскостей является общей плоскостью осей, т. е. плоскостью, проходящей через одну (базовую) ось и точку другой оси

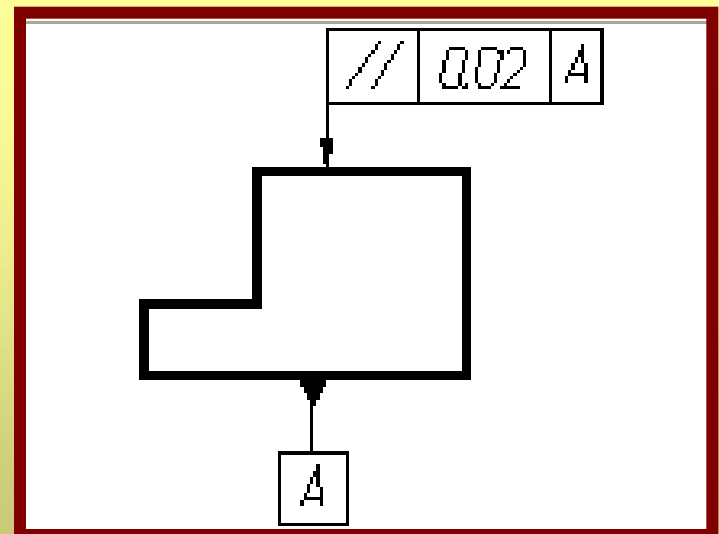
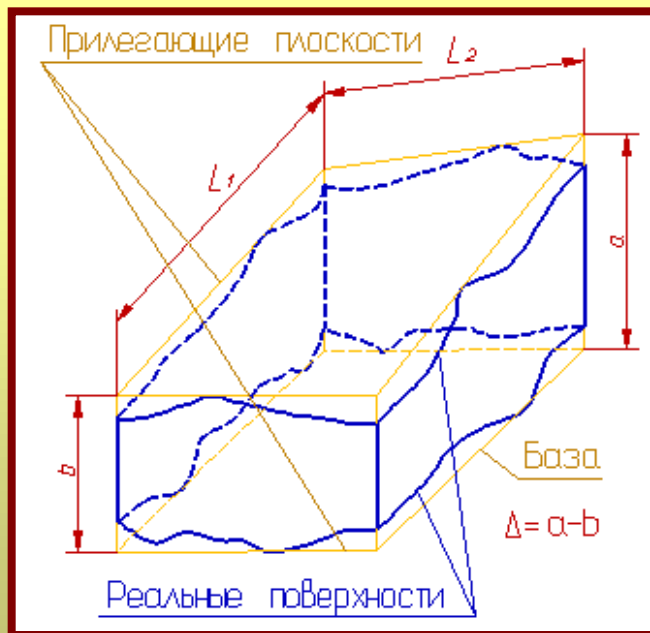
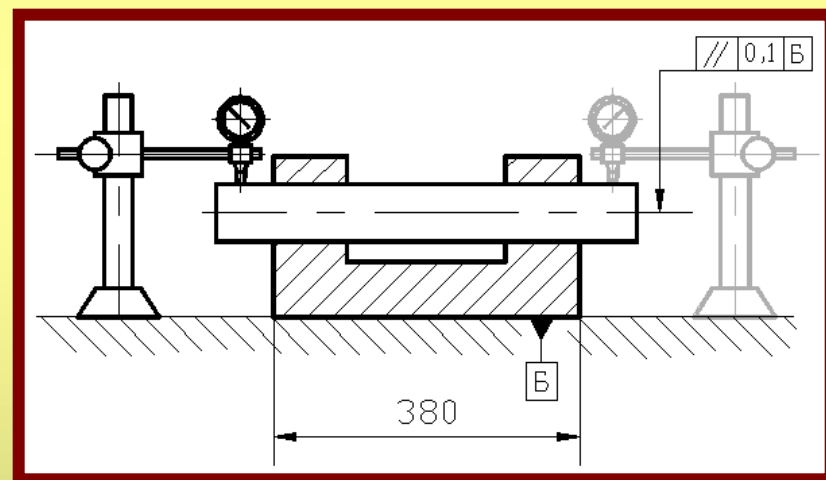
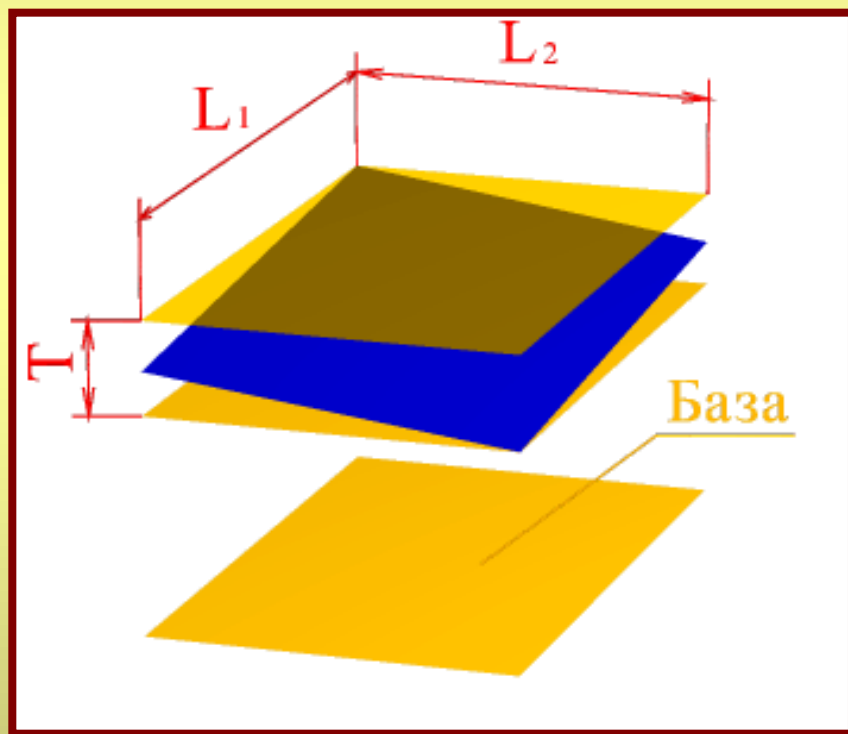


Схема измерения отклонения от параллельности оси



Отклонение от перпендикулярности

- **Отклонение от перпендикулярности плоскостей** – отклонение угла между плоскостями от прямого угла, выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка
- **Отклонение от перпендикулярности плоскости относительно оси** – отклонение угла между плоскостью и базовой осью от прямого угла, выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка

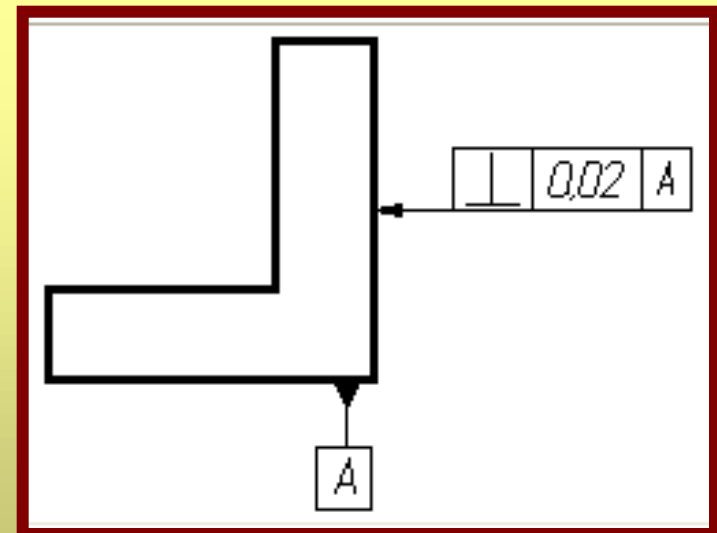
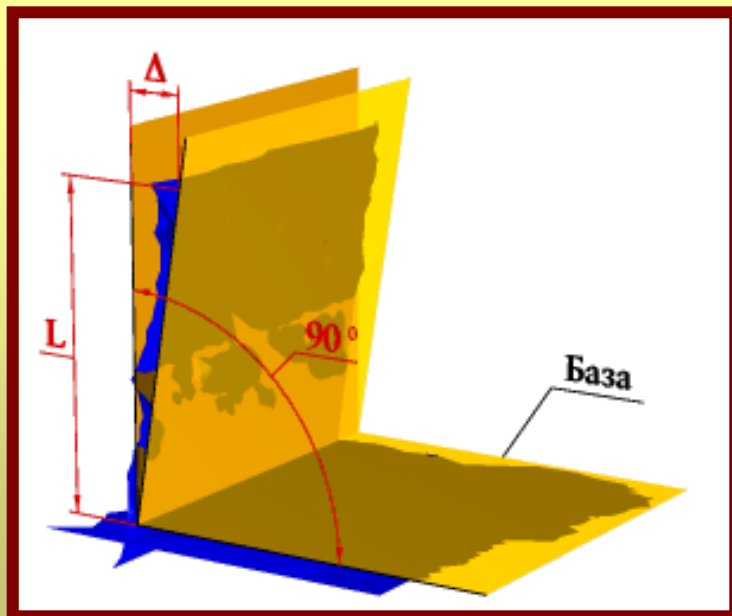
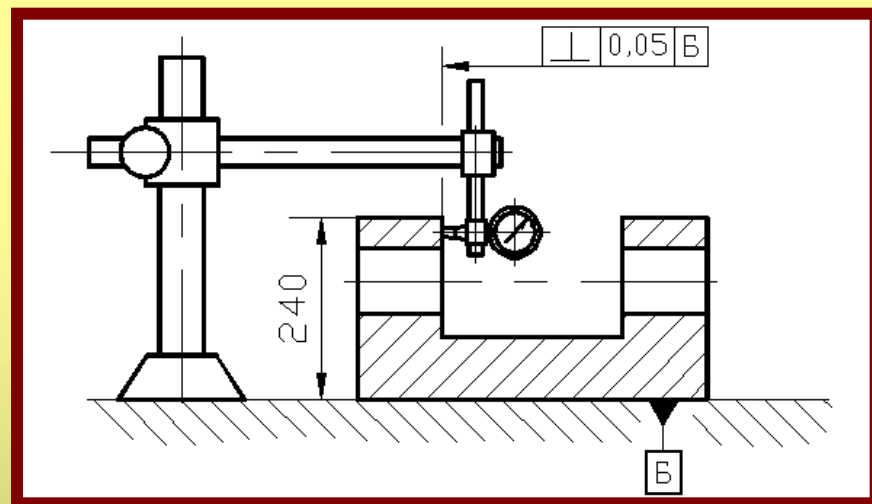
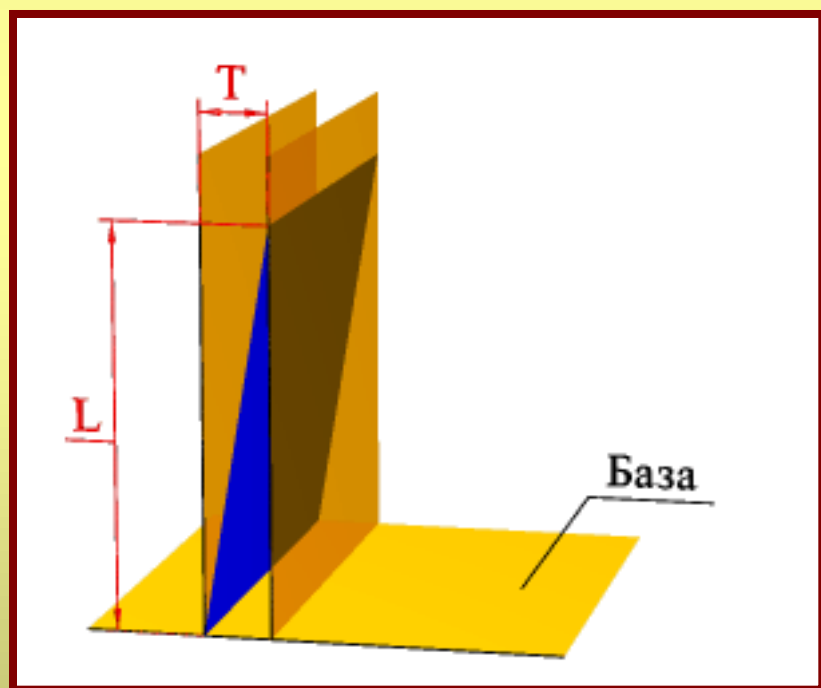
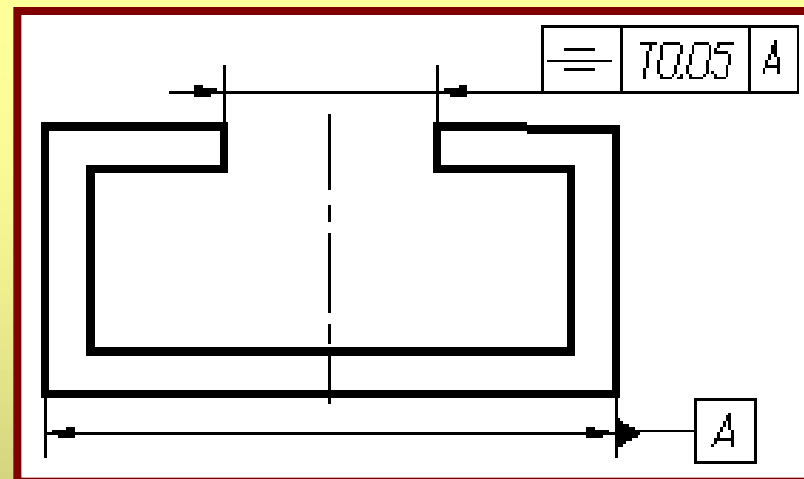
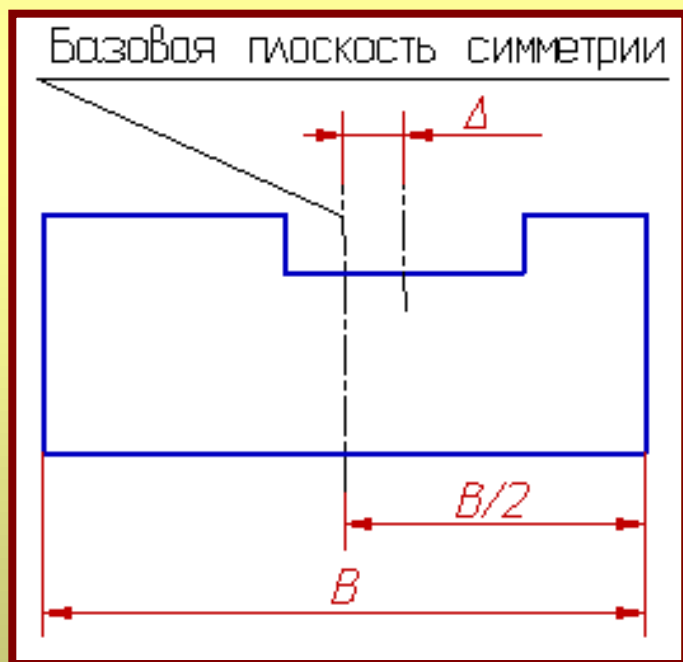


Схема измерения отклонения от перпендикулярности



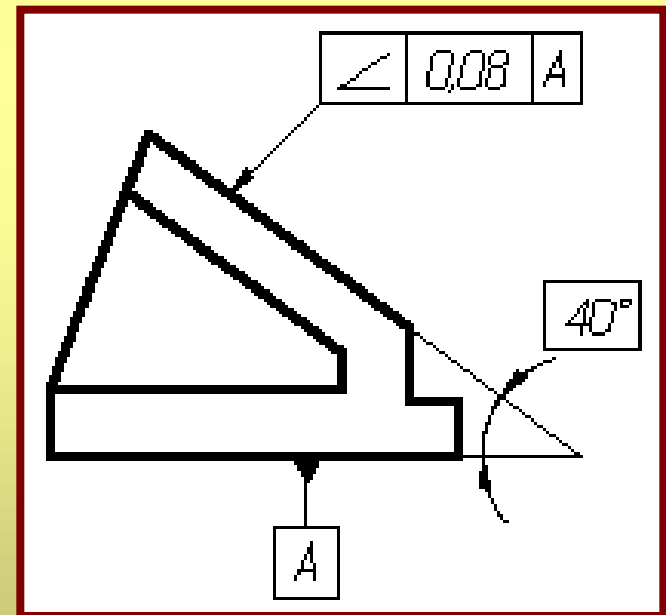
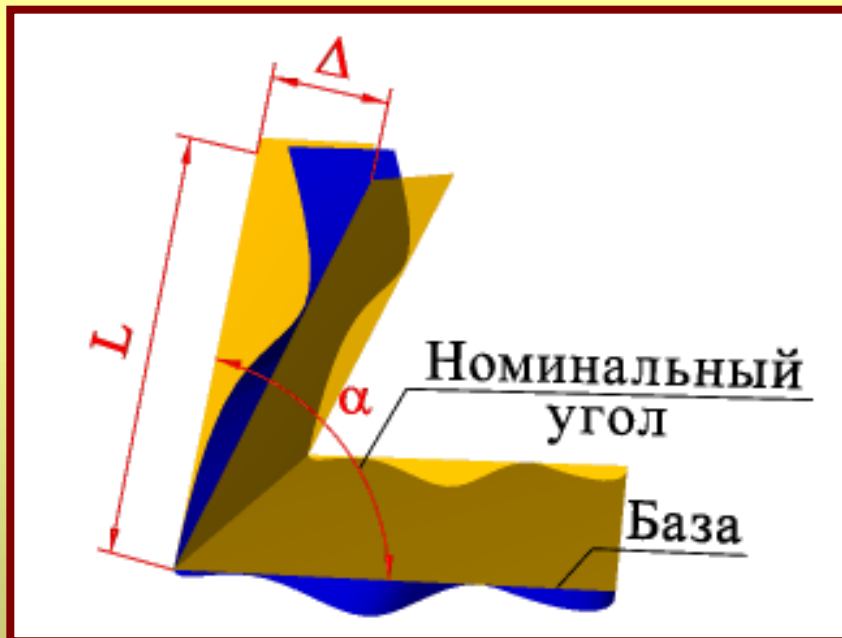
Отклонение от симметричности

- **Отклонение от симметричности** относительно базовой плоскости - наибольшее расстояние между плоскостью симметрии рассматриваемой поверхности и базовой плоскостью симметрии в пределах нормируемого участка



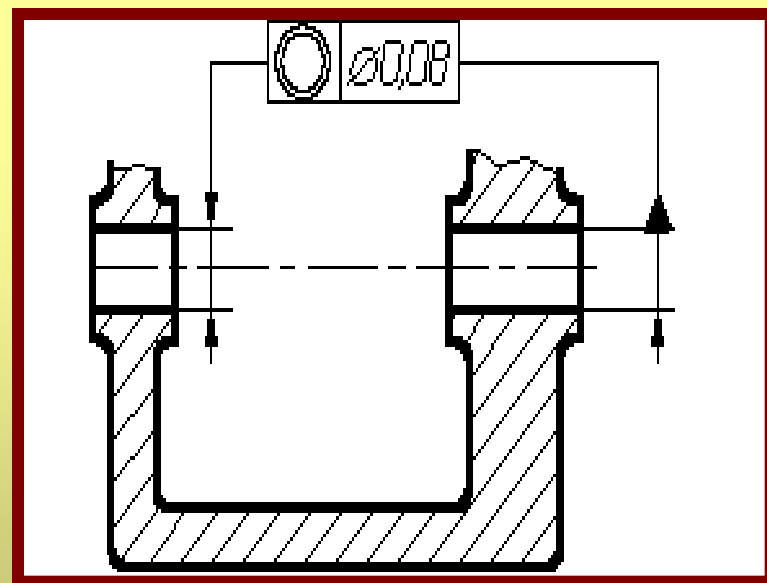
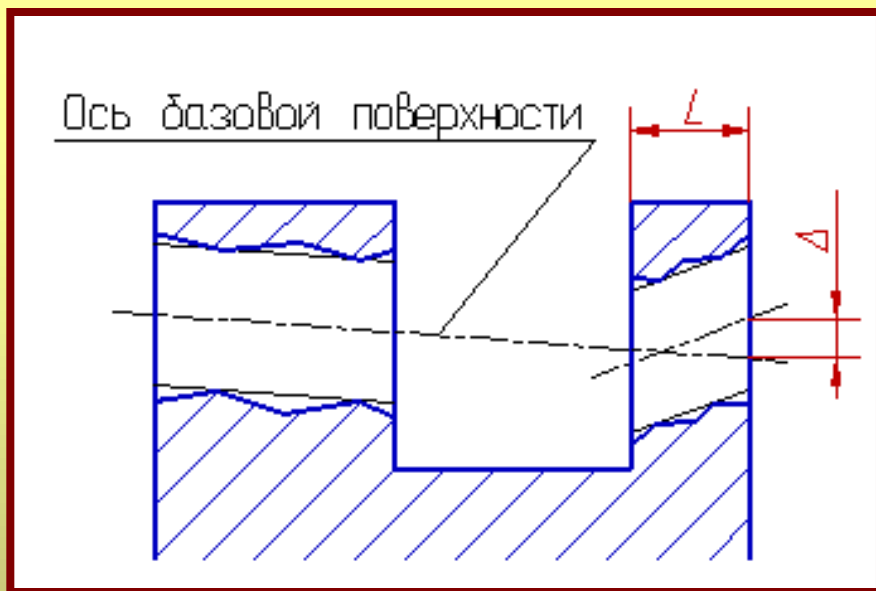
Отклонение наклона плоскости

- **Отклонение наклона** - отклонение угла между прилегающей плоскостью (или осью поверхности вращения) и базовой от номинального угла, выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка L



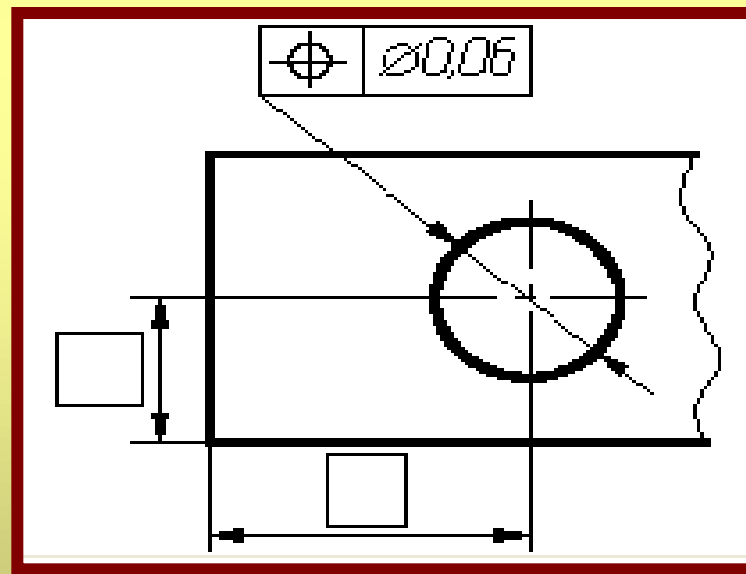
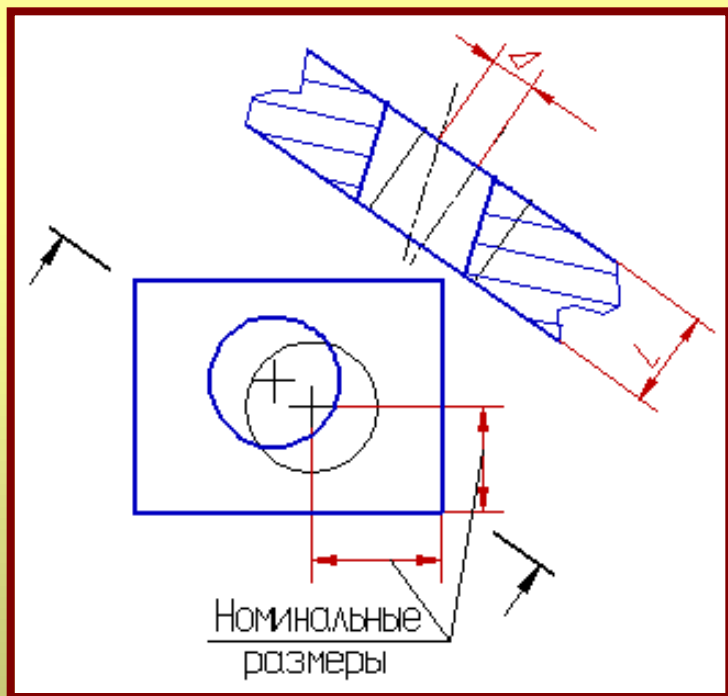
Отклонение от соосности

- **Отклонение от соосности** относительно общей оси - это наибольшее расстояние между осью рассматриваемой поверхности вращения и общей осью двух или нескольких поверхностей вращения на длине нормируемого участка



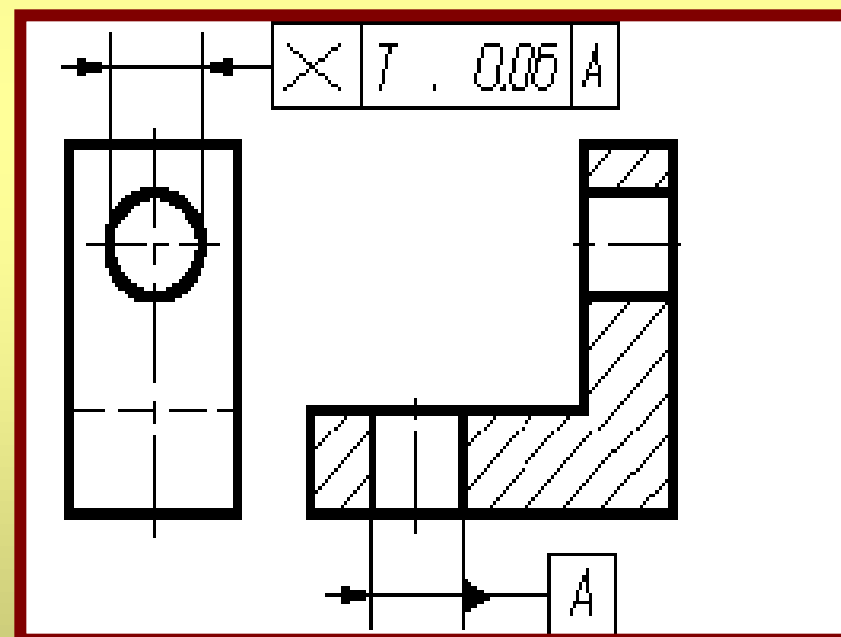
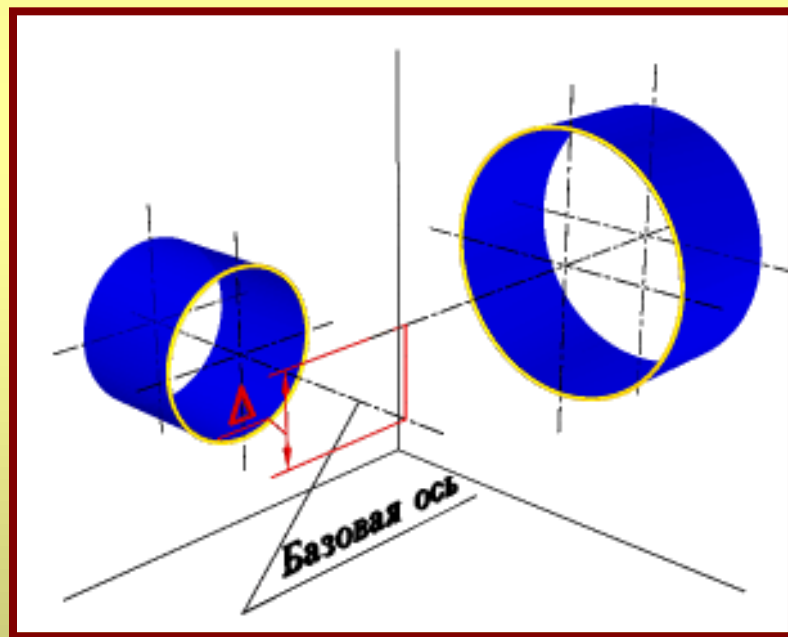
Позиционное отклонение оси

- **Позиционное отклонение** - наибольшее отклонение реального расположения элемента (его центра, оси или плоскости симметрии) от его номинального расположения в пределах нормируемого участка



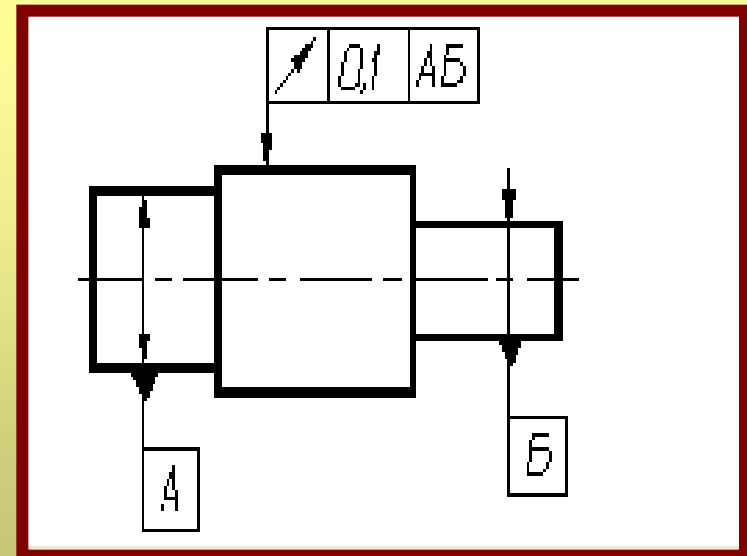
Отклонение от пересечения осей

- Отклонение от пересечения осей, которые номинально должны пересекаться, определяют как наименьшее расстояние между рассматриваемой и базовой осями



Радиальное биение

- Радиальное биение поверхности вращения относительно базовой оси является результатом совместного проявления отклонения от круглости профиля рассматриваемого сечения и отклонения его центра относительно базовой оси.
- Оно равно разности наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении, перпендикулярном этой оси



Полное радиальное биение

- **Полное радиальное биение** - разность наибольшего $R_{\max}$ и наименьшего $R_{\min}$ расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка L до базовой оси

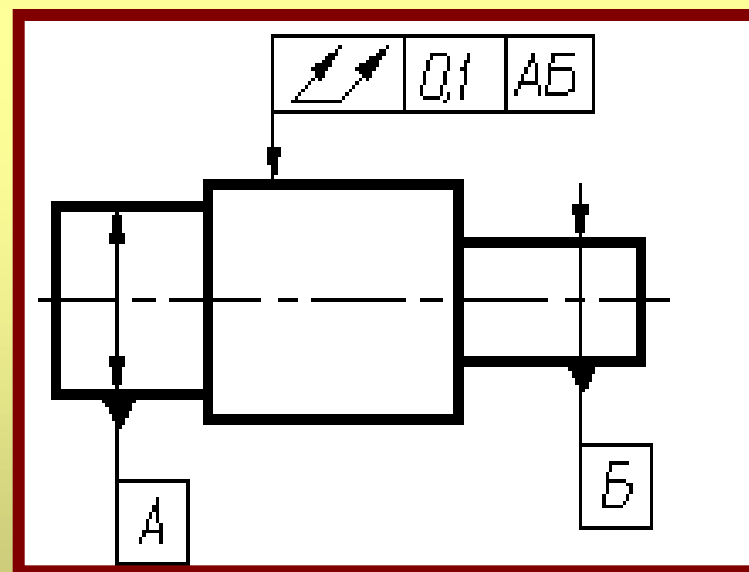
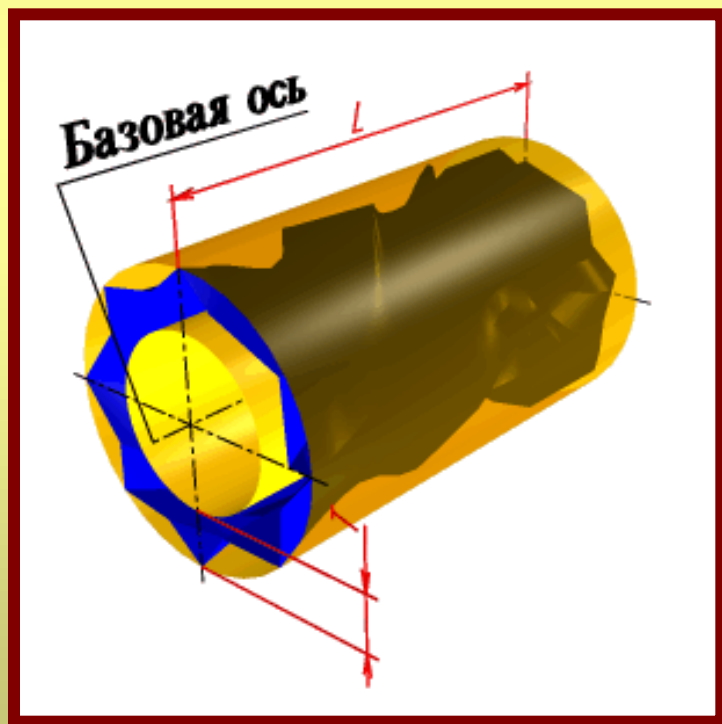
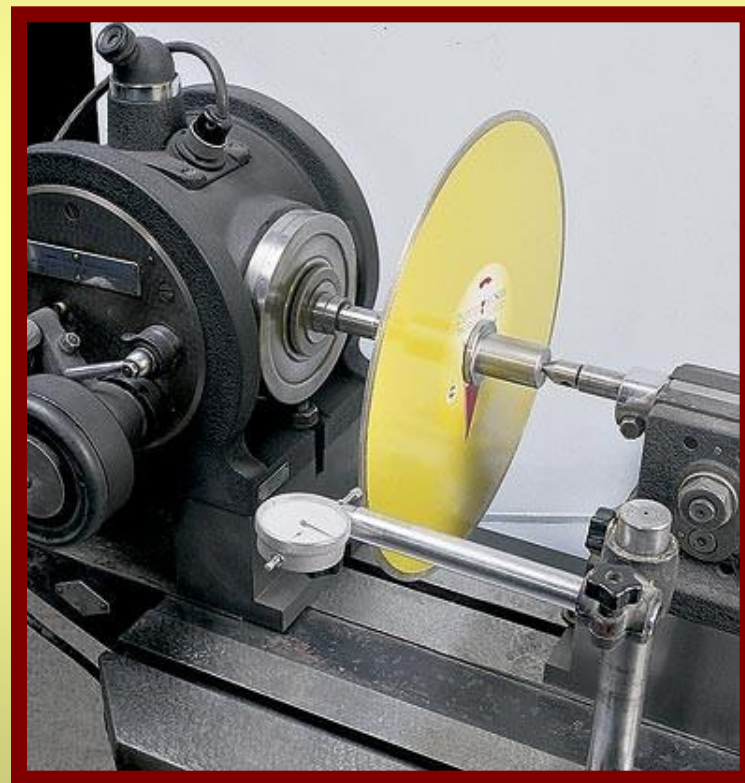
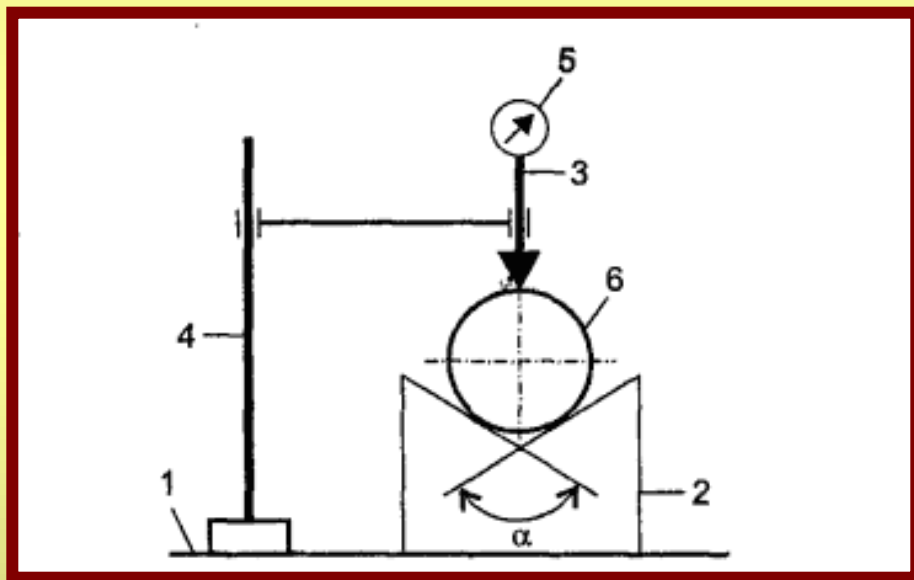
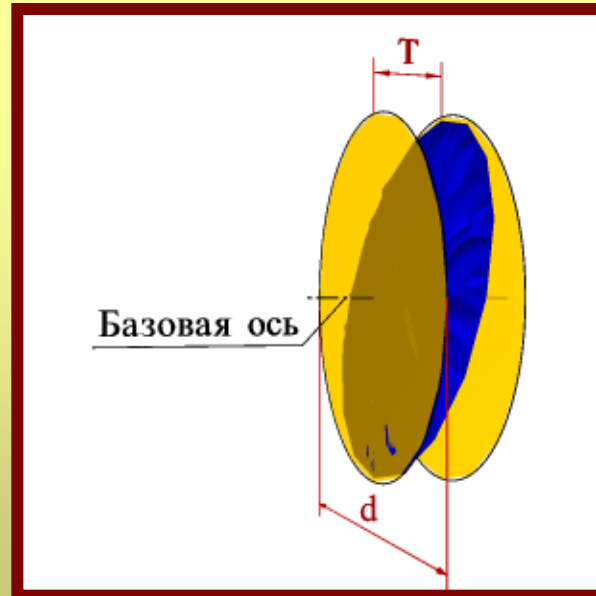
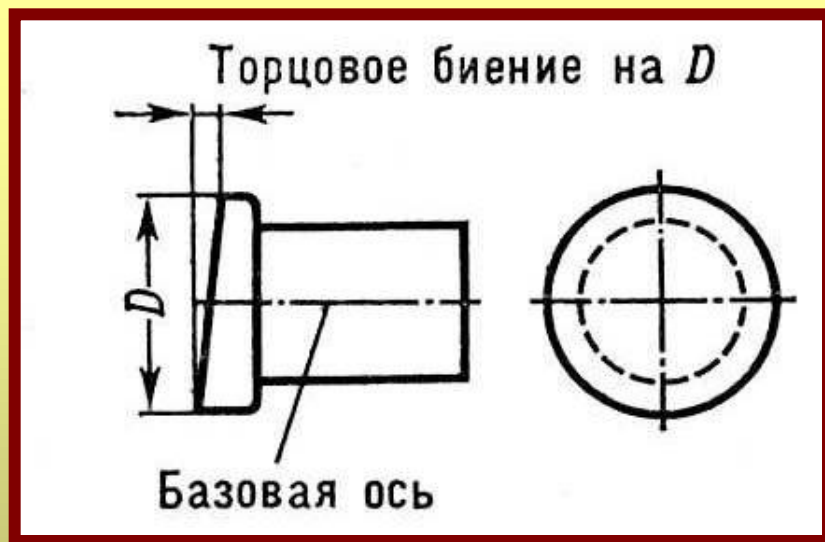


Схема измерения радиального биения

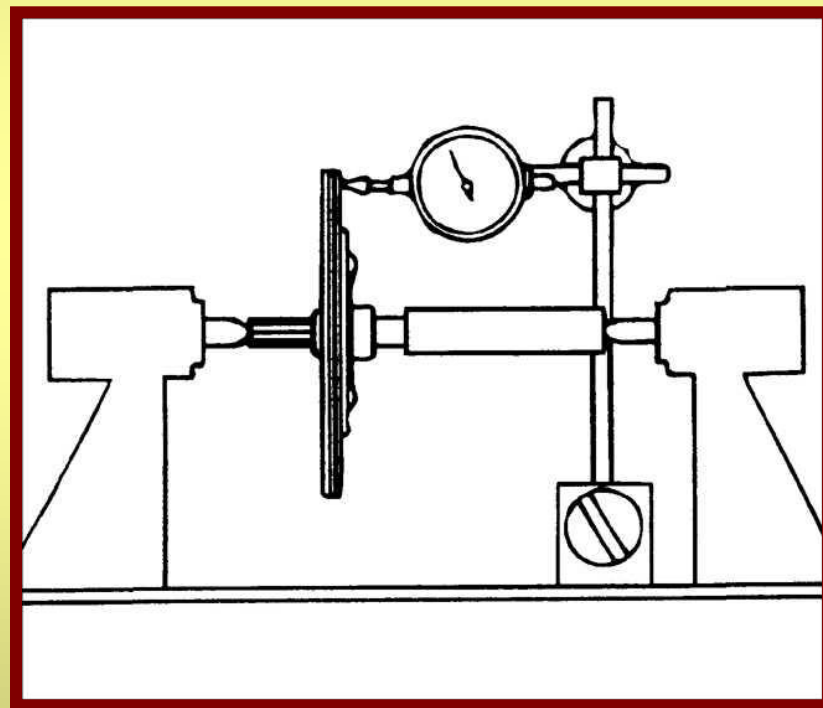
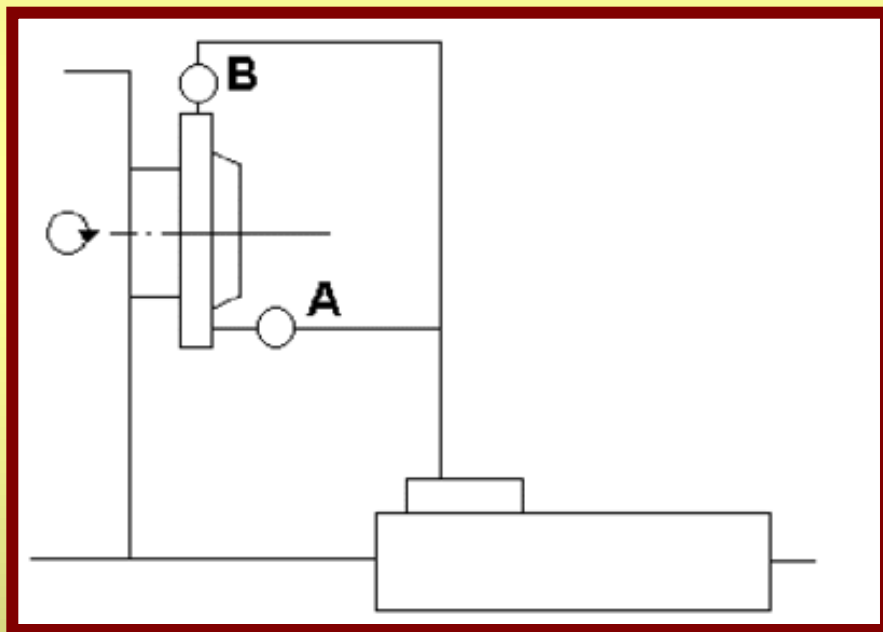


Торцовое биение

- **Торцовое биение** - разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Определяется на заданном диаметре d или любом (в том числе и наибольшем) диаметре торцевой поверхности

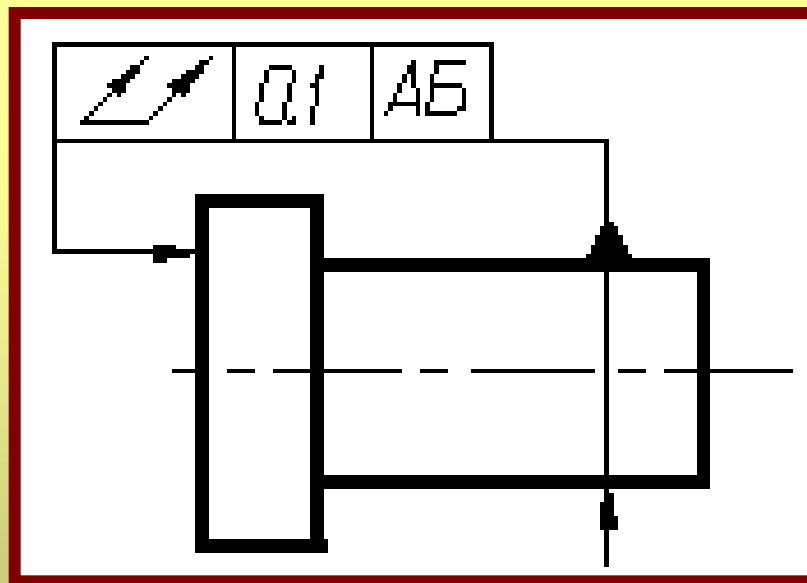
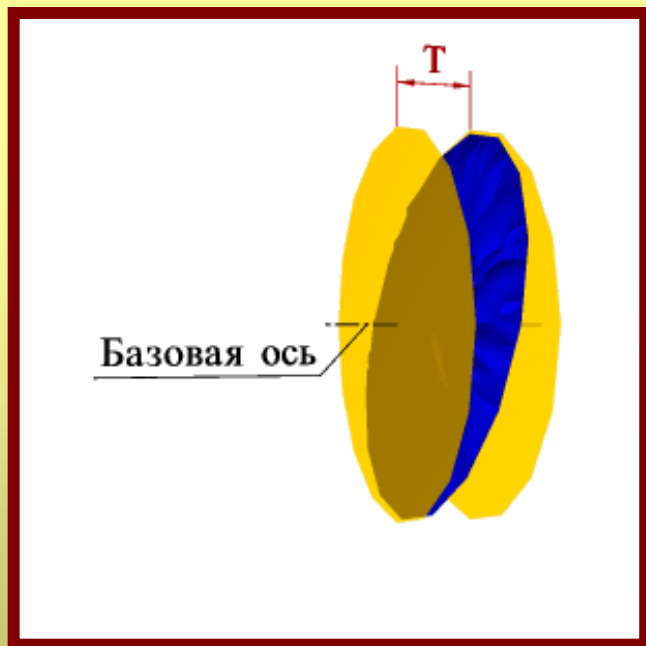


Измерение торцового биения



Полное торцовое биение

- Полное торцовое биение - разность наибольшего и наименьшего расстояния от точек всей торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси



Допуски формы поверхностей. Обозначение на чертежах

Группа допуска	Вид допуска	Знак
Допуск формы	Допуск прямолинейности	—
	Допуск плоскостности	
	Допуск круглости	
	Допуск цилиндричности	
	Допуск профиля продольного сечения	=

Допуски расположения поверхностей. Обозначение на чертежах

Группа допуска	Вид допуска	Знак
Допуск расположения	Допуск параллельности	//
	Допуск перпендикулярности	⊥
	Допуск наклона	∕
	Допуск соосности	◎
	Допуск симметричности	≡
	Позиционный допуск	⊕
	Допуск пересечения осей	×

Суммарные допуски формы и расположения поверхностей. Обозначение на чертежах

Группа допуска	Вид допуска	Знак
Суммарный допуск формы и расположения	Допуск радиального биения, торцевого биения, биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального биения, полного торцевого биения	
	Допуск формы заданного профиля	
	Допуск формы заданной поверхности	