

# Метрология.

## Допуски и технические измерения

### Раздел 2

# ВВЕДЕНИЕ

---

Качество продукции в машиностроении

Метрология

Стандартизация

Взаимозаменяемость

Виды взаимозаменяемости

# КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

**Качество продукции** - это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее способность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Качество продукции зависит от:

- труда рабочего
- материалов
- технологических процессов

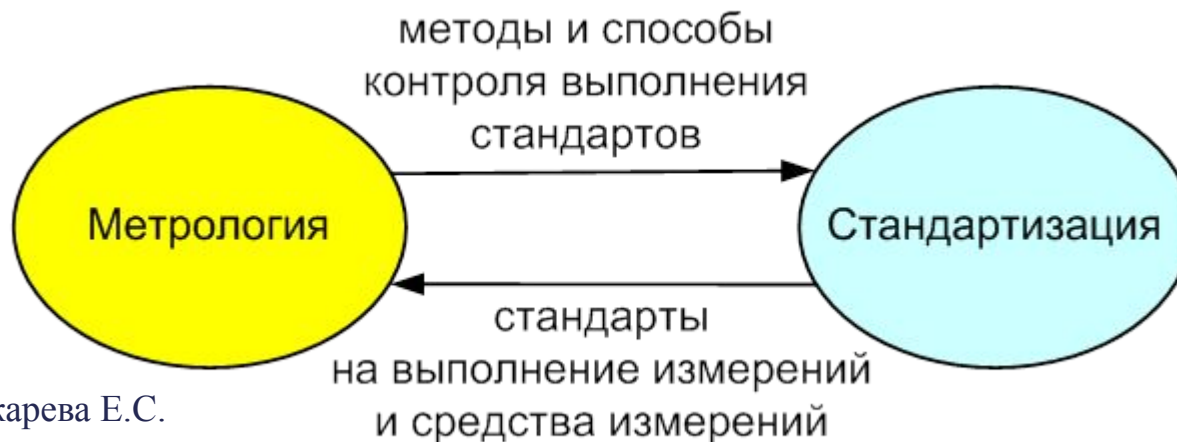
Качество труда рабочего зависит от:

- организации труда
- точность изготовления по размерам;
- точность изготовления по форме;
- точность сборки;
- выбор средств контроля;
- опыт работы, знания.



# Метрология

**Метрология** – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности



# Стандартизация



# Взаимозаменяемость

В технике взаимозаменяемость изделий подразумевает возможность равноценной (с точки зрения оговоренных условий) замены одного другим в процессе изготовления или ремонта.

Чем более подробно и жестко нормированы параметры изделий, тем проще реализуется замена, но тем сложнее обеспечить взаимозаменяемость.

Одинаковый (колеблющийся в пределах пренебрежимых для потребителя различий) уровень качества конечных изделий конкретного производства обеспечивается выполнением определенного набора требований. Требования предъявляются ко всем элементам деталей и сопряжений, которые обеспечивают нормальную работу изделия.

# Взаимозаменяемость

Обеспечение взаимозаменяемости, а значит и заданного уровня качества изделий подразумевает:

- установление комплекса требований ко всем параметрам, оказывающим влияние на взаимозаменяемость и качество изделий (нормирование номинальных значений и точности параметров);
- соблюдение при изготовлении установленных норм, единых для одинаковых объектов, и эффективный контроль нормируемых параметров.

# Взаимозаменяемость

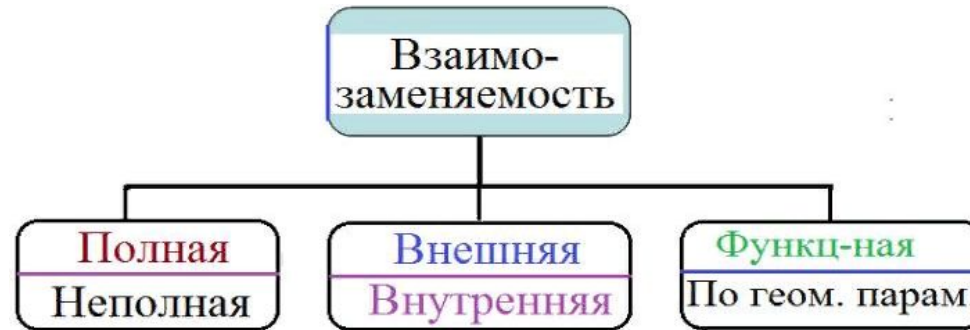
В число нормируемых параметров изделий могут входить:

- геометрические (размеры, форма, расположение и шероховатость поверхностей);
- физико-механические (твердость, масса, отражательная способность и т.д.);
- экономические (себестоимость, лимитная цена, производительность и др.);
- прочие (эргономические, эстетические, экологические и др.).

Детали для изделий машиностроения держат первый экзамен на взаимозаменяемость в процессе сборки. Неточно изготовленные детали могут не собраться друг с другом или сломаться при попытке собрать их силой, поэтому для механических деталей и узлов в первую очередь рассматривается такой аспект как **геометрическая взаимозаменяемость**.



# Виды взаимозаменяемости



- **Полная взаимозаменяемость** - детали и узлы полностью взаимозаменяемы (устанавливают при сборке без дополнительных операций по обработке, без регулировок и подбора, т.е. только закрепляют).
- **Неполная (ограниченная) взаимозаменяемость** - при сборке требуется установка детали, либо узла только с определёнными размерами (размерами определённой группы) - групповая взаимозаменяемость, или требуется дополнительная обработка одного из элементов детали.
- **Внешняя взаимозаменяемость** - взаимозаменяемость по выходным данным узла: его присоединительным размерам и эксплуатационным параметрам (вышедший из строя подшипник можно заменить другим такого же типоразмера).
- **Внутренняя взаимозаменяемость** - взаимозаменяемость деталей, входящих в узел, или узлов, входящих в изделие (шарики в подшипнике качения).
- **Функциональная взаимозаменяемость** изделий гарантирует равноценное выполнение ими заранее оговоренных функций.
- **Размерная (геометрическая) взаимозаменяемость** - если в телевизоре сгорел кинескоп, то новый кинескоп устанавливают в старый корпус, на то же место (кинескоп обладает размерной взаимозаменяемостью).

# Виды взаимозаменяемости

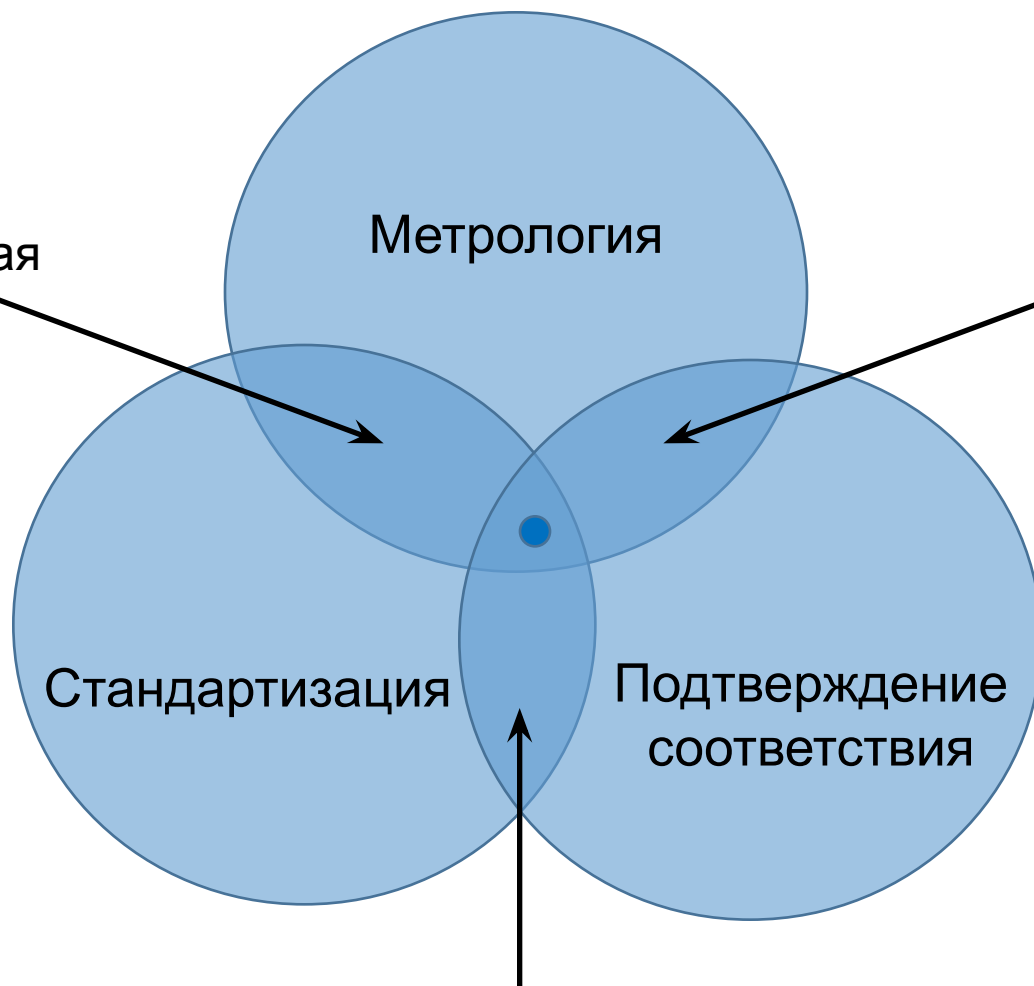


# Подтверждение соответствия

**Подтверждение соответствия** - документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, документам по стандартизации или условиям договоров (по 184-ФЗ от 27.12.2002)

**Сертификация** - форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, документам по стандартизации или условиям договоров

Законодательная  
метрология



Измерения при  
подтверждении  
соответствия

Стандартизация

Подтверждение  
соответствия

Подтверждение соответствия  
требованиям документов по  
стандартизации

# Метрология – наука об измерениях

---

Объект и предмет метрологии

Основные понятия и определения метрологии

Измерения физических величин

Средства измерительной техники

Измерительные устройства

# Объект и предмет метрологии

Любая наука является состоявшейся, если она имеет свой объект, предмет и методы исследования.

- **Метрология** (от греч. «metron» – мера, «logos» – учение) – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства измерений и методах и средствах обеспечения их требуемой точности.
- **Предметом метрологии** является измерение свойств объектов (длины, массы, плотности и т.д.) и процессов (скорость протекания, интенсивность протекания и др.) с заданной точностью и достоверностью.
- **Объектом метрологии** является физическая величина. Важнейшей задачей метрологии является обеспечение единства измерений.

# Основные понятия и определения метрологии

- **Физическая величина** – это одно из свойств физического объекта, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого физического объекта.

Физические величины делятся на измеряемые и оцениваемые.

- **Измеряемые физические величины** могут быть выражены количественно в установленных единицах измерения (единицах физической величины).
- **Оцениваемые физические величины** это величины, для которых единицы измерений не могут быть введены. Их определяют при помощи установленных шкал.

Физические величины классифицируются по следующим видам явлений:

- **вещественные** – они описывают физические и физико-химические свойства веществ, материалов и изделий из них;
- **энергетические** – описывают энергетические характеристики процессов преобразования, передачи и поглощение (использование) энергии;
- **характеризующие протекание процессов во времени**

# Основные понятия и определения метрологии

Воспроизведение величины заданного размера осуществляется посредством **меры величины**

- **Мерой физической величины** называют средство измерения, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых известны с необходимой точностью.
- **Примерами мер** являются штриховая мера длины, нормальный элемент (мера ЭДС с номинальным значением 1 В), кварцевый генератор (мера частоты электрических колебаний).



# Основные понятия и определения метрологии

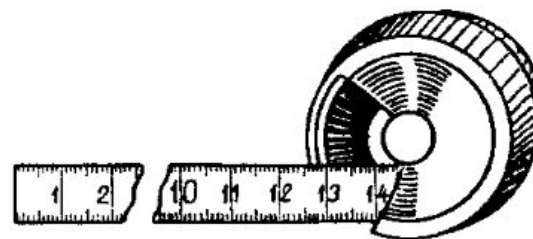
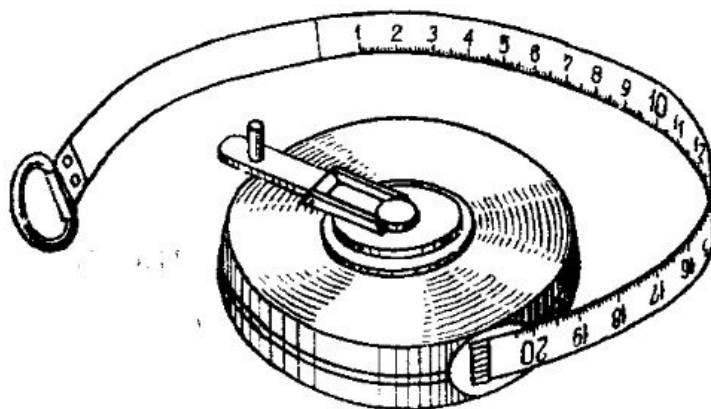
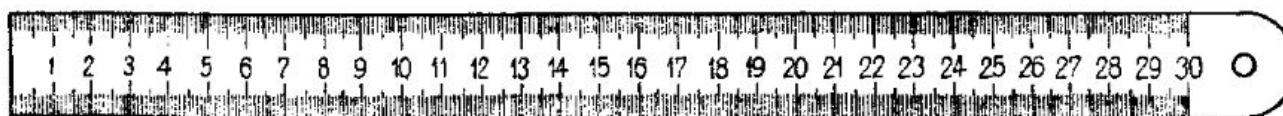
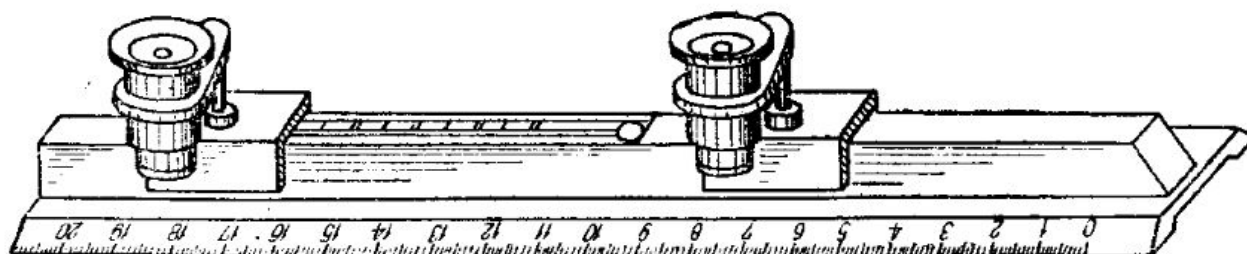
Меры подразделяют на:

- **однозначные** (мера, хранящая один размер величины, например, плоскопараллельная концевая мера длины или конденсатор постоянной емкости);
- **многозначные** (мера, хранящая несколько размеров величины, например, штриховая мера длины и конденсатор переменной емкости).

В измерительной практике широко применяют не только отдельные меры, но и **наборы мер** (комплект мер разного размера одной и той же величины, например, набор плоскопараллельных концевых мер длины), а также **магазины мер** (набор мер, конструктивно объединенных в одно устройство, в котором имеются приспособления для их соединения в различных комбинациях, например, магазин электрических сопротивлений).

Воспроизводя или храня размер величины, которому присвоено определенное значение, мера тем самым хранит единицу этой величины. Иначе говоря, мера выступает в качестве носителя единицы величины и поэтому служит основой измерения.

# Меры длины штриховые



Штриховые меры длины: штриховой образцовый метр,  
линейка, рулетки типа РЗ и РЖ

# Меры длины штриховые брусковые ГОСТ 12069-90



Типы штриховых мер:

Меры длины штриховые брусковые ГОСТ 12069-90 предназначены для использования в качестве шкал приборов и станков для измерения линейных размеров или перемещений, рабочих мер для регулировки, настройки и проверки точности измерительных приборов и перемещений в станках, непосредственного измерения длины и линейных перемещений в станках и приборах, а также при поверке мер длины, шкал приборов, машин и станков и линейных измерительных преобразователей.

Тип IA



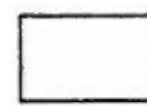
Тип IB



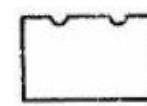
Тип IIA



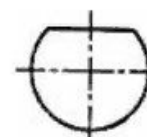
Тип IIB



Тип IIB



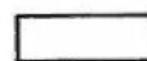
Тип IIIA



Тип IIIB



Тип IIIB



Тип IV

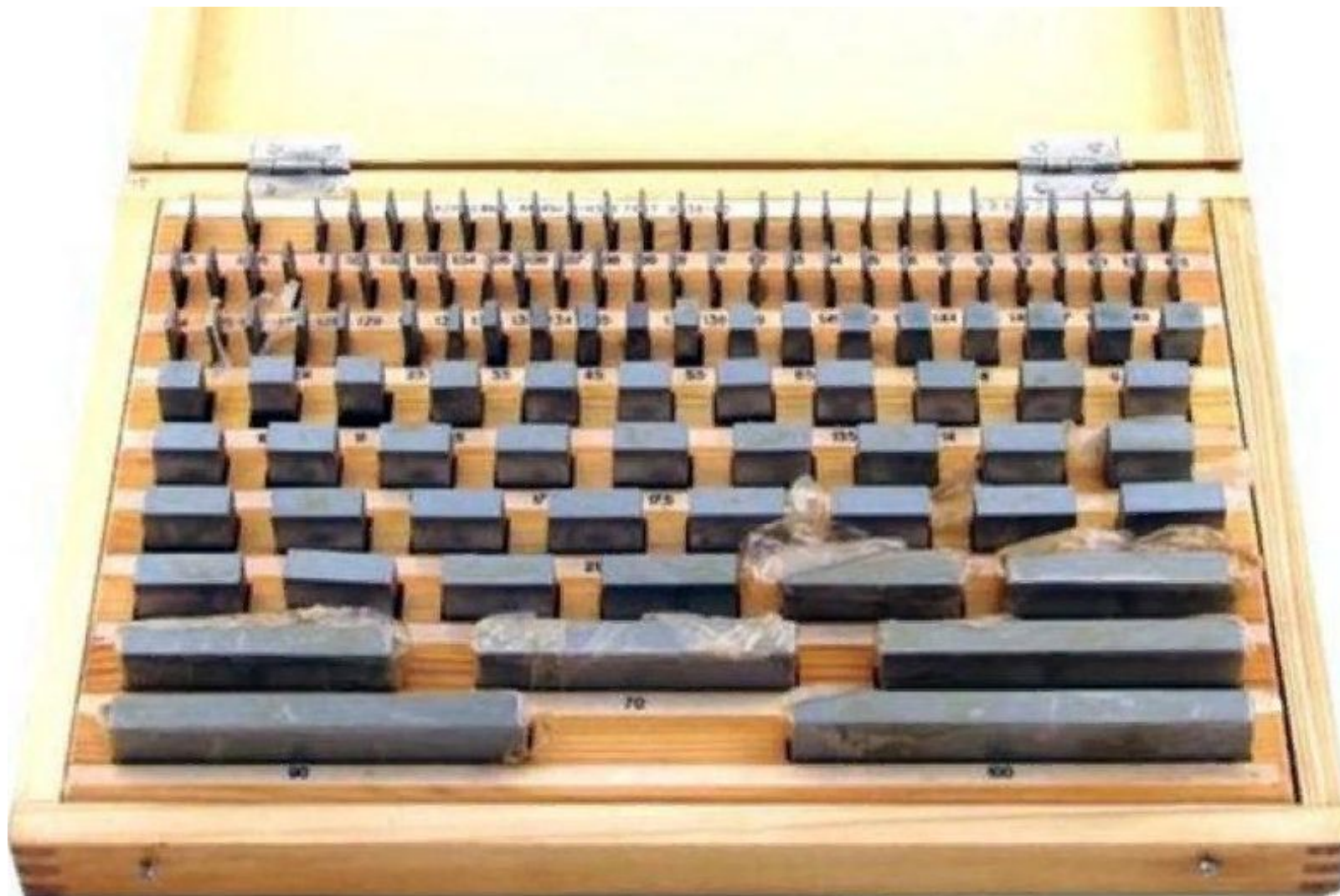


# Меры длины концевые плоскопараллельные

- Меры длины концевые плоскопараллельные предназначены для использования в качестве рабочих мер для регулировки и настройки показывающих измерительных приборов и для непосредственного измерения линейных размеров промышленных изделий.
- Соответствуют ГОСТ 9038–90



# Набор концевых мер длины



# Измерения физических величин

**Измерение** ► отображение физической величины ее значением путем эксперимента и вычислений с помощью специальных технических средств

**Погрешность измерения** ► отклонение результата измерения от условно истинного значения измеряемой величины

Числовые оценки погрешности:

- абсолютная погрешность

$$\Delta = X_{изм} - X$$

- относительная погрешность

$$\delta = \frac{\Delta}{X} 100\% \approx \frac{\Delta}{X_{изм}} 100\%$$

- приведенная погрешность

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_H} 100\%$$

# Средства измерительной техники

**Средства измерительной техники (СИТ)** ► технические средства для выполнения измерений, имеющие нормированные метрологические характеристики.

**СИТ:**

- средства измерений;
- измерительные устройства.

**Средства измерений:**

- **измерительные приборы** (электромеханические; сравнения; электронные; цифровые; виртуальные);
- **регистрирующие ср-ва** (регистрируют сигналы измерительной информации);
- **кодовые средства** (**АЦП** – преобразуют аналоговую измерительную информацию в кодовый сигнал);
- **измерительные каналы** (совокупность **СИТ**, средств связи и др. для создания сигнала **ИИ** одной измеряемой величины);
- **измерительные системы** (совокупность измерительных каналов и измерительных устройств для создания **ИИ** нескольких измеряемых величин).

# Измерительные устройства

- **эталоны, образцовые и рабочие меры** (для воспроизведения и хранения размера физических величин);
- **измерительные преобразователи** (для изменения размера измеряемой величины или преобразование измеряемой величины в другую величину);
- **компараторы** ( для сравнения однородных величин);
- **вычислительные компоненты** (совокупность средств ВТ и программного обеспечения для выполнения вычислений в процессе измерения).



# Задание для самостоятельной работы

- Ознакомиться с разделами 2, 4-6 [РМГ 29-2013. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. (введены в действие Приказом Росстандарта от 05.12.2013 N 2166-ст) – М.: Стандартинформ, 2014]

# Измерение линейных размеров методом непосредственной оценки

Методы непосредственной оценки

Штриховые меры длины. Линейки.

Штангенинструмент

Нониус

Штангенциркуль

Задание для самостоятельной работы

# Методы непосредственной оценки

- **Методы непосредственной оценки бывают контактные и бесконтактные.**
- В контактном методе измерительные поверхности прибора касаются поверхностей объекта (штангенциркуль, микрометр).
- Бесконтактные измерения можно производить с помощью микроскопа или специальных проекторов.
- Линейка, штангенциркуль, микрометр, угломер представляют собой средства измерения, применяемые для измерения линейных размеров методом непосредственной оценки, контактным методом.

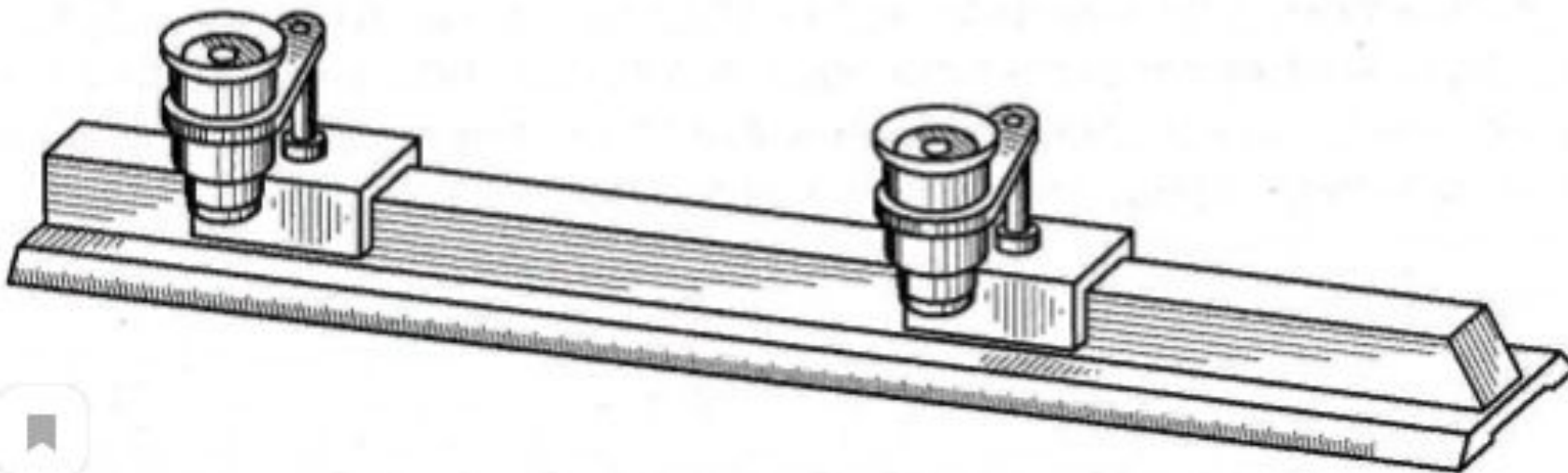
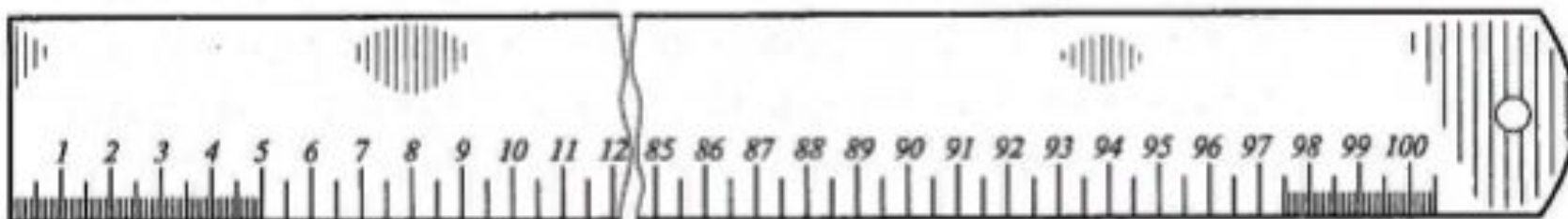
# Штриховые меры длины. Линейки.

- Измерительные линейки относятся к штриховым мерам и предназначены для измерения размеров изделий 14... 18 квалитетов точности. Они предназначены для измерений высот, длин, диаметров, глубин. Их основное преимущество — простота конструкции, низкая стоимость, надежность и простота в измерении.
- Измерение производят прикладыванием линейки к измеряемому объекту, чаще всего совмещая нулевой штрих линейки с краем детали. Отсчет по шкале на другом краю детали дает искомый результат измерения.

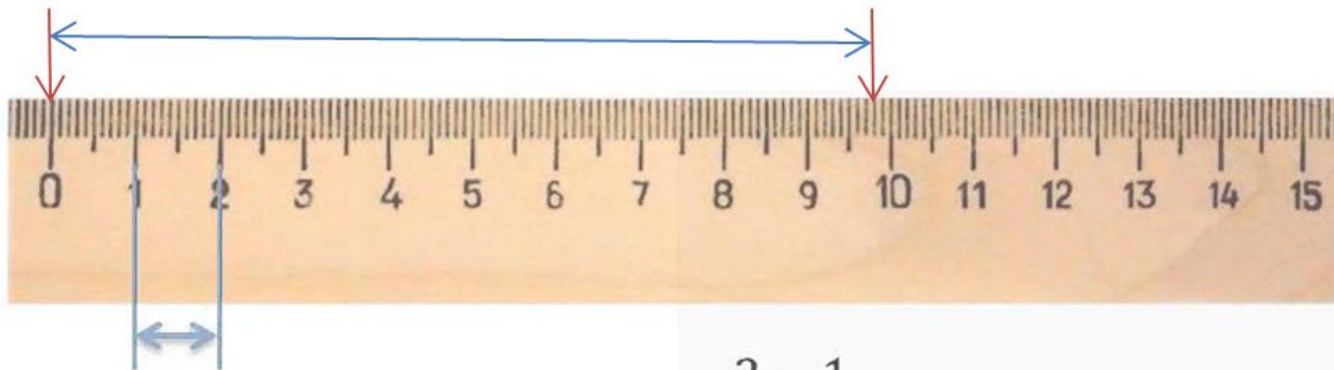
# Штриховые меры длины. Линейки.

- Конструкции линеек однотипны. Они представляют собой металлическую полосу шириной 20...40 мм и толщиной 0,5... 1,0 мм, на широкой поверхности которой нанесены деления. Линейки изготавливают с одной или двумя шкалами, с верхними пределами измерений 150, 300, 500 и 1 000 мм и ценой деления 0,5 или 1 мм. Линейки с ценой деления 1 мм могут иметь на длине 50 мм от начала шкалы полумиллиметровые деления.
- Также линейки могут изготавливаться в виде рулеток (для измерения длин более 1000 мм)
- Допускаемые отклонения действительной общей длины шкалы линеек от номинального значения находятся в пределах  $+(0,10...0,20)$  мм в зависимости от общей длины шкалы, а отдельных подразделений— не более  $\pm(0,05...0,10)$  мм.
- Поверку (калибровку) линеек, т. е. определение погрешности нанесения штрихов, производят по образцовым измерительным линейкам, которые называются штриховыми мерами. Погрешность такого сравнения не превышает 0,01 мм.

# Штриховые меры длины. Линейки.



# Штриховые меры длины. Линейки.



10 делений

Цена деления:  $\frac{2 - 1}{10} = 0,1 \text{ см} = 1 \text{ мм}$

**Погрешность измерений** — неточность, допускаемая при измерении.

**Абсолютно точных измерений не существует!!!**

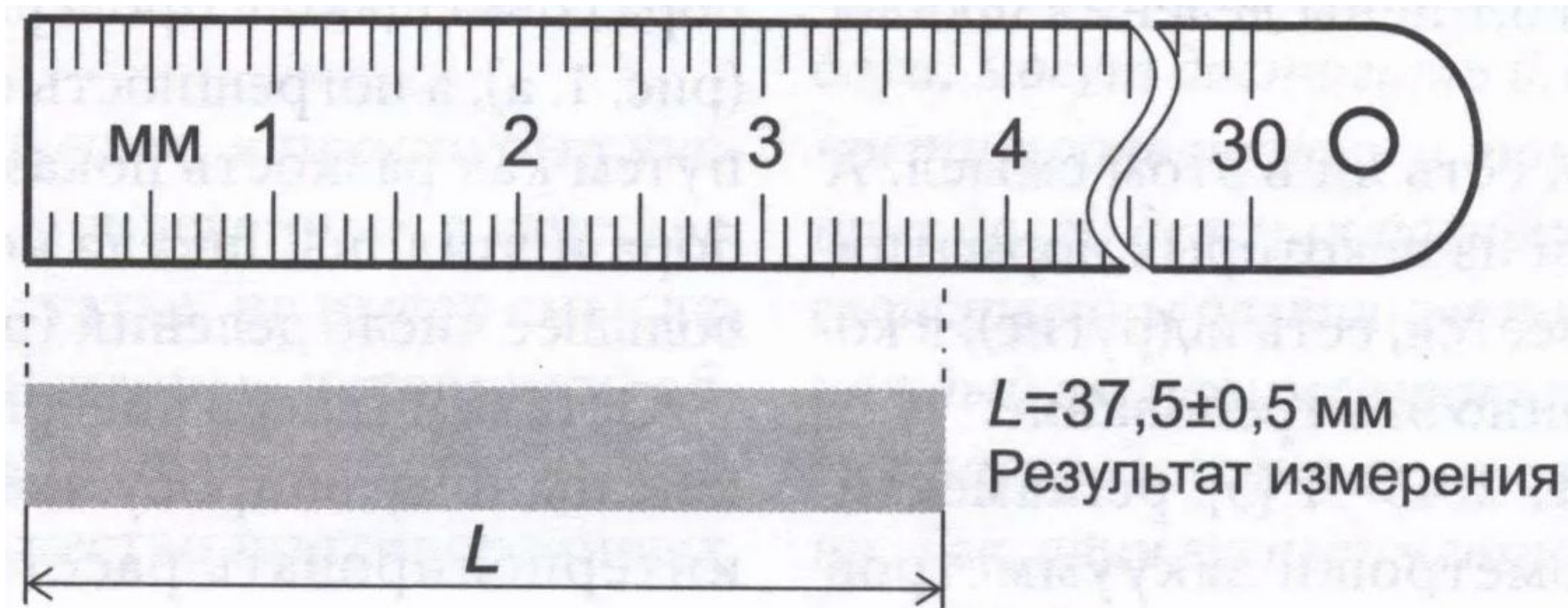
**Погрешность не может быть больше цены деления!**

**Погрешность измерений** равна половине цены деления измерительного прибора.

$$l = 9,8 \text{ см} \pm 0,5 \text{ мм}$$

$$\text{Истинная длина: } 9,75 \text{ см} \leq l \leq 9,85 \text{ см}$$

# Штриховые меры длины. Линейки.





# Штангенинструмент

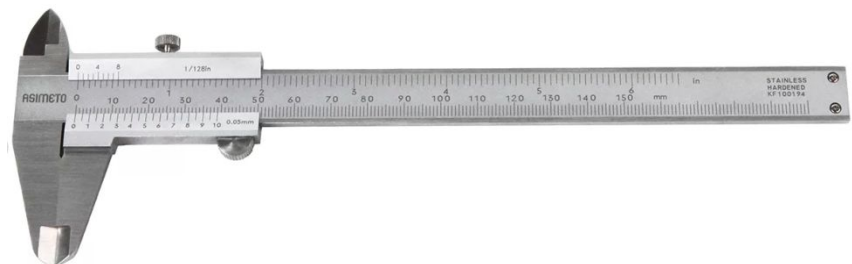
- Штангенинструмент (от нем. Stange — «стержень, прут» и лат. instrumentum — «орудие») — общее название для средств и приборов для измерения и разметки внешних и внутренних размеров.
- Представляет собой две измерительные поверхности, между которыми устанавливается размер. Одна из поверхностей инструмента, базовая, составляет единое целое со штангой-линейкой. Другая поверхность соединяется сдвигающейся по линейке рамкой. На линейке нанесены деления, а на рамке установлен или выгравирован нониус.
- В целях повышения надёжности штангенинструмент изготавливается из материалов с высокой износостойкостью и не подвергающихся коррозии, для чего используются закалённые стали, хромирование и армирование рабочих поверхностей твёрдым сплавом.

# Штангенинструмент

## Виды штангенинструмента:

- Штангенциркуль — универсальный инструмент, предназначенный для измерений с высокой точностью: наружных и внутренних размеров деталей и изделий; а также глубин отверстий.
- Штангенрейсмас — имеет основание, нижняя поверхность которого является рабочей и соответствует нулевому отсчёту по шкале.
- Штангенглубиномер — прибор для измерения глубин отверстий, пазов, высоты уступов.
- Штангензубомер — предназначен для измерения толщины зубьев.

# Штангенинstrument

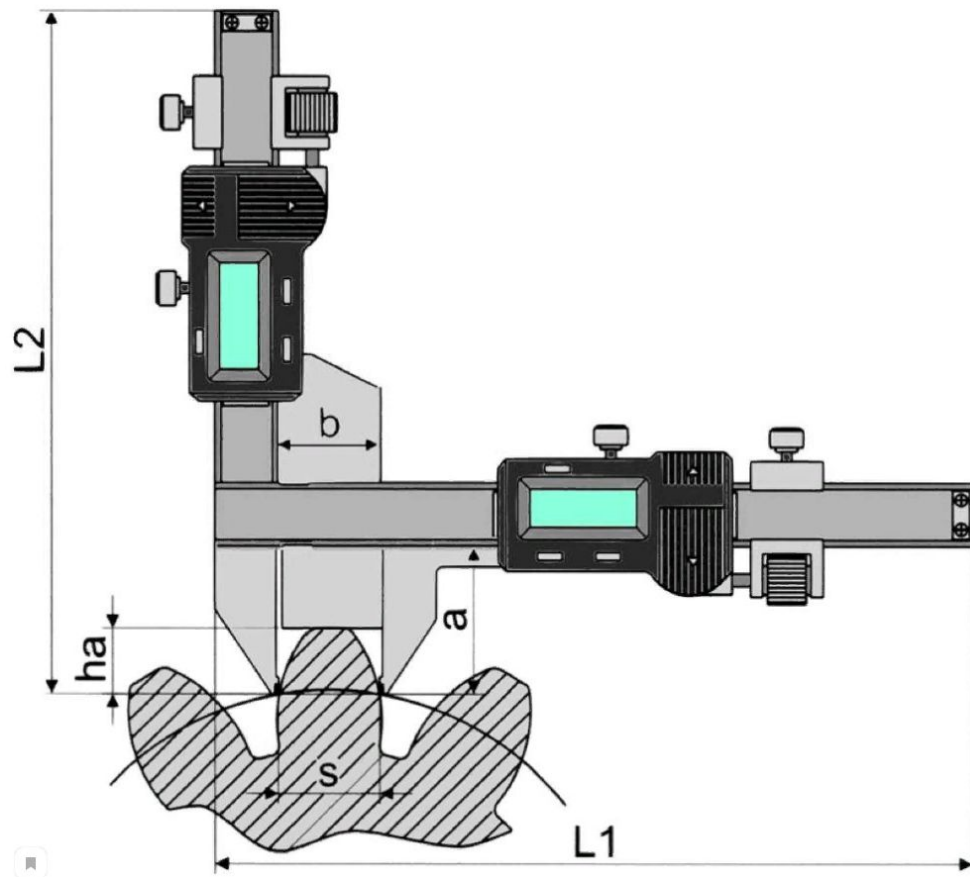


Коккарева Е.С.



14.10.2020

# Штангенинструмент



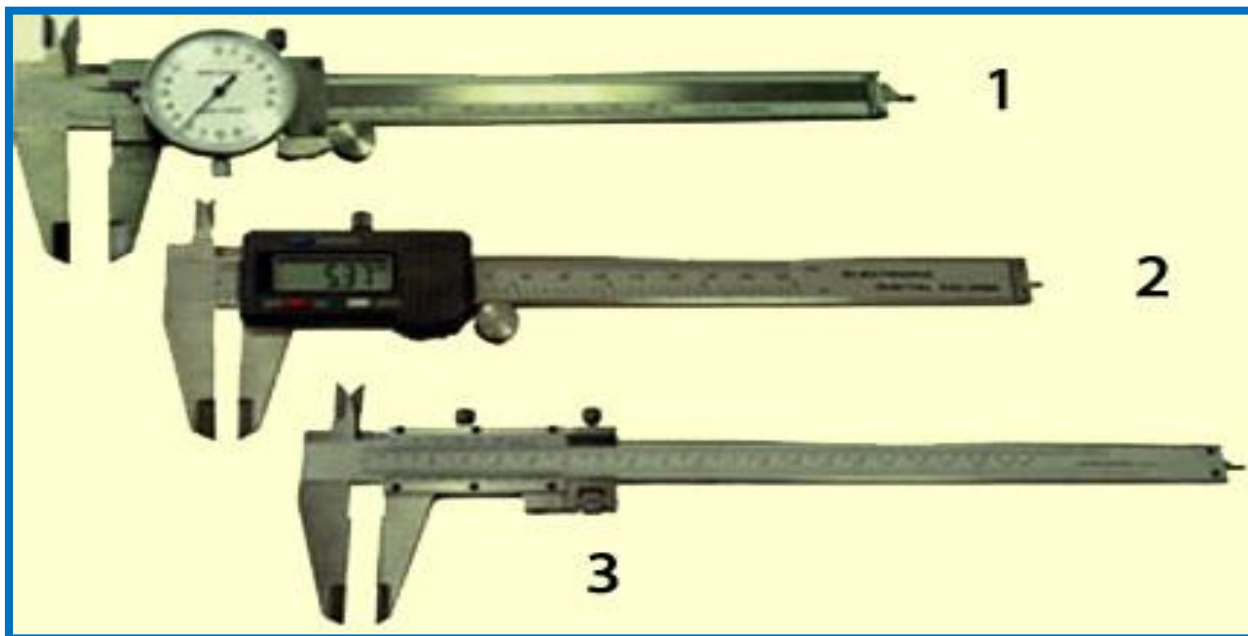
# Нониус

Длина нониуса 19 мм, поделена на 10 равных частей, значит, цена каждого деления 1,9 мм. При сомкнутых губках, нулевые штрихи шкалы штанги и нониуса совпадают, а десятый штрих нониуса совмещается с девятнадцатым штрихом миллиметровой шкалы. Первый штрих нониуса не доходит до второго штриха шкалы штанги ровно на 0,1 мм ( $2 - 1,9 = 0,1$ ). Это и позволяет производить замеры с точностью до 0,1 мм.



# Штангенциркуль

Линейка позволяет измерять размеры деталей с точностью до 1 мм. Для измерения с большей точностью (до 0,05 мм) служит штангенциркуль. Это универсальный измерительный инструмент. С его помощью можно измерять наружные и внутренние размеры деталей, глубину отверстия. Штангенциркули бывают разных видов, они отличаются пределами измерений и точностью измерения

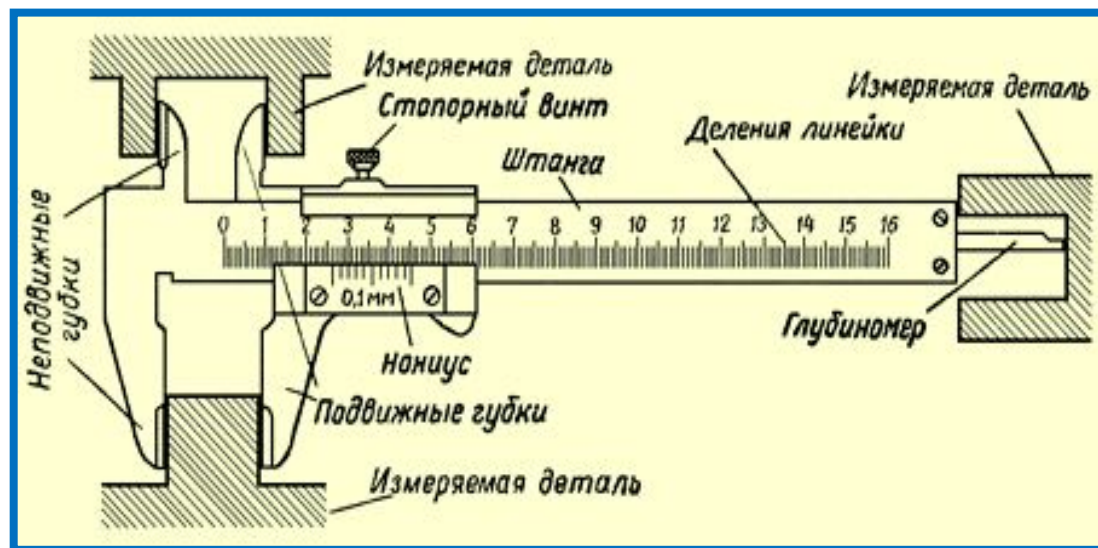


1 – с индикатором;  
2 – электронный;  
3 – ШЦ-2;

# Штангенциркуль ШЦ-1

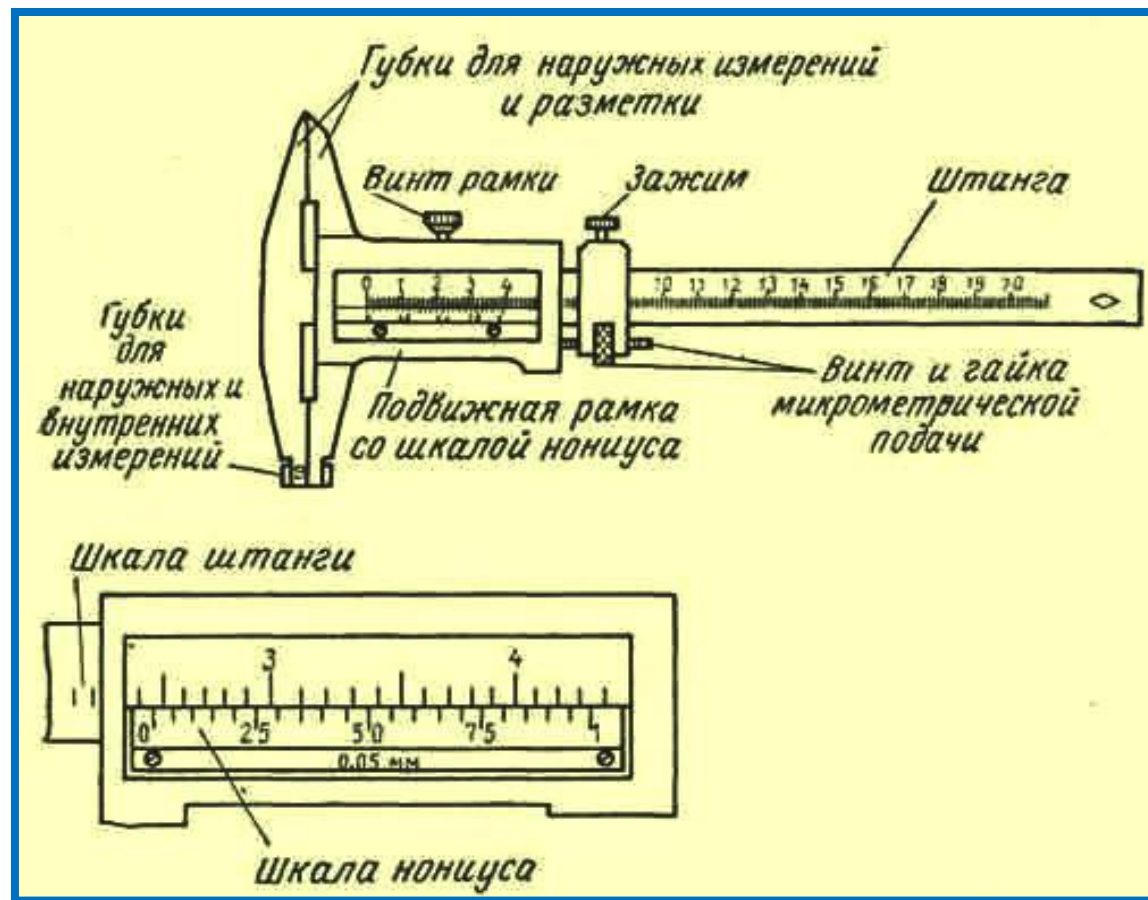
Пределы измерения от 0 до 125 мм. Точность до 0,1 мм.

Основу его составляет штанга, на которой нанесена шкала с миллиметровыми делениями. На штанге имеются измерительные губки. По штанге перемещается подвижная рамка с губками и соединенным с ней глубиномером. Рамка во время измерений закрепляется на штанге зажимным винтом. Нижние губки служат для измерения наружных размеров, а верхние - внутренних. На скошенной грани рамки нанесена вспомогательная шкала, называемая нониусом.



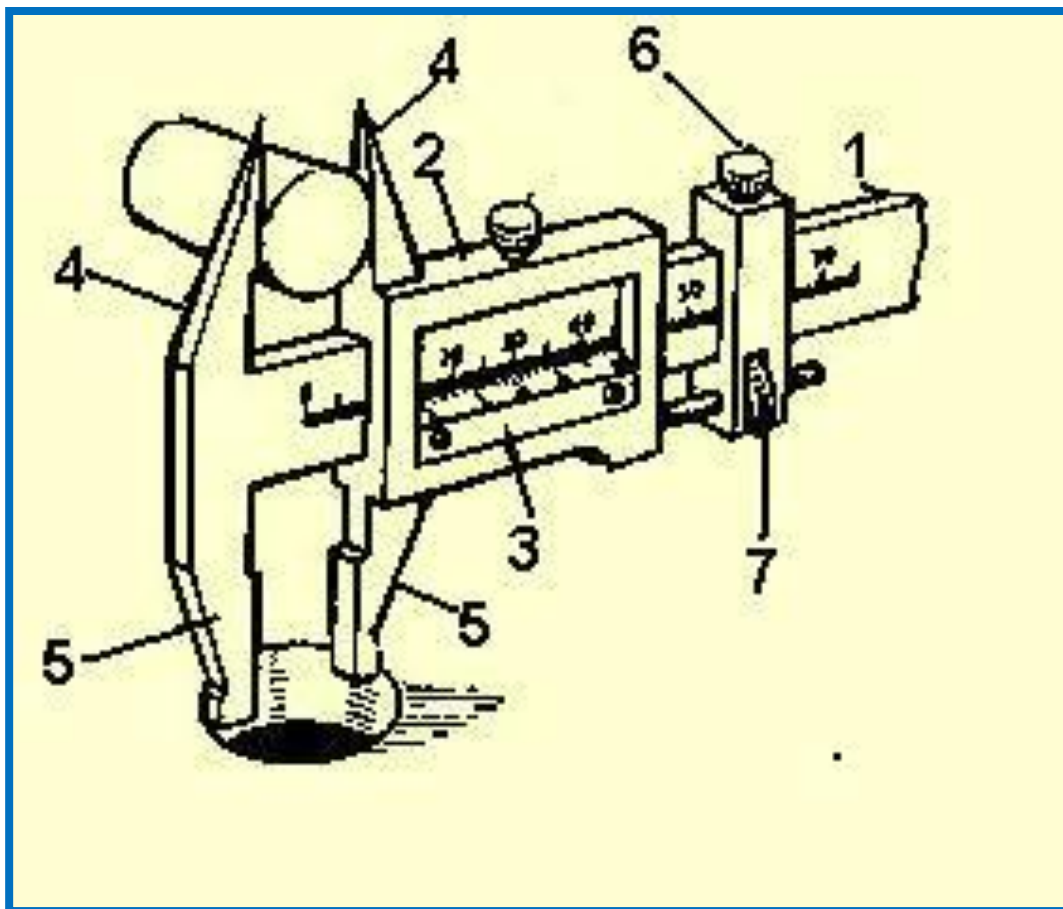
# Штангенциркуль ШЦ-2

Применяется для внутренних и наружных измерений (соответственно наличие губок с плоскими измерительными поверхностями и цилиндрическими), а также для разметочных работ. Одинарная шкала имеет цену деления 0,05 мм, Существует модификация с шагом 0,02 мм.





# Штангенциркуль ШЦ-2



Штангенциркуль ШЦ - 2:

1 - штанга;

2 - рамка;

3 - нониус;

4 - верхние губки;

5 - нижние губки;

6 - стопорные винты

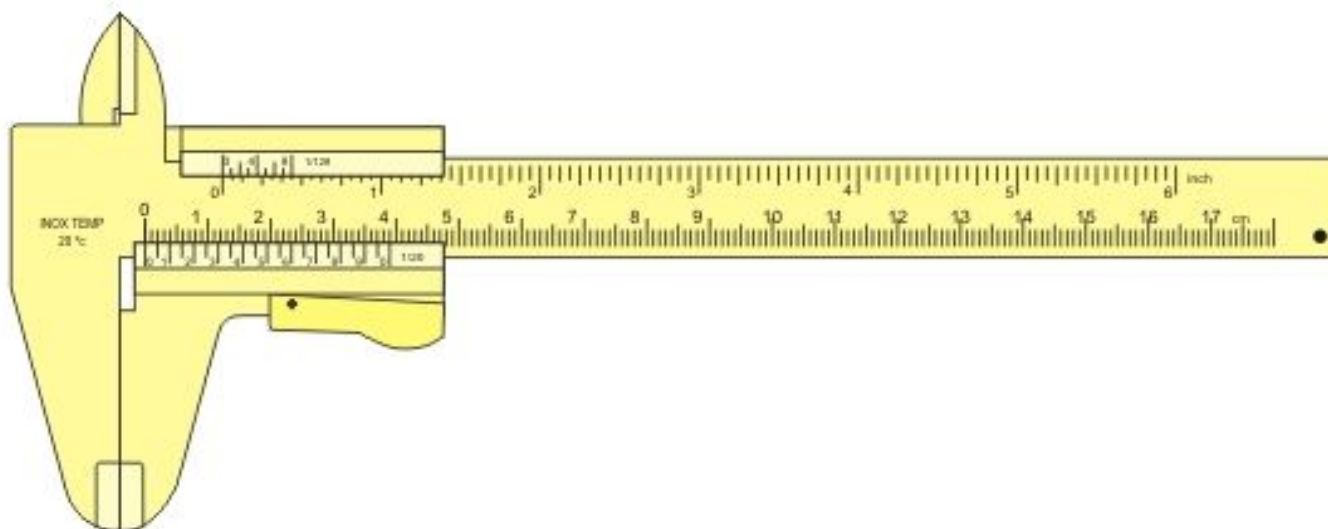
7 - микрометрическая  
подача

# Подготовка к процессу измерения

- 1. очистить от смазки и пыли (уделяя особое внимание рабочим поверхностям)**
- 2. проверить на точность:** совместить основные (широкие) губки инструмента, расположенные снизу. При этом должны совпасть нулевые отметки двух шкал – подвижной нониусной и неподвижной шкалы рабочей – миллиметровой – поверхности. Одновременно с этим девятнадцатый штрих миллиметровой шкалы должен совместиться с десятым штрихом на нониусе. Если оба условия выполняются – инструмент пригоден к работе.

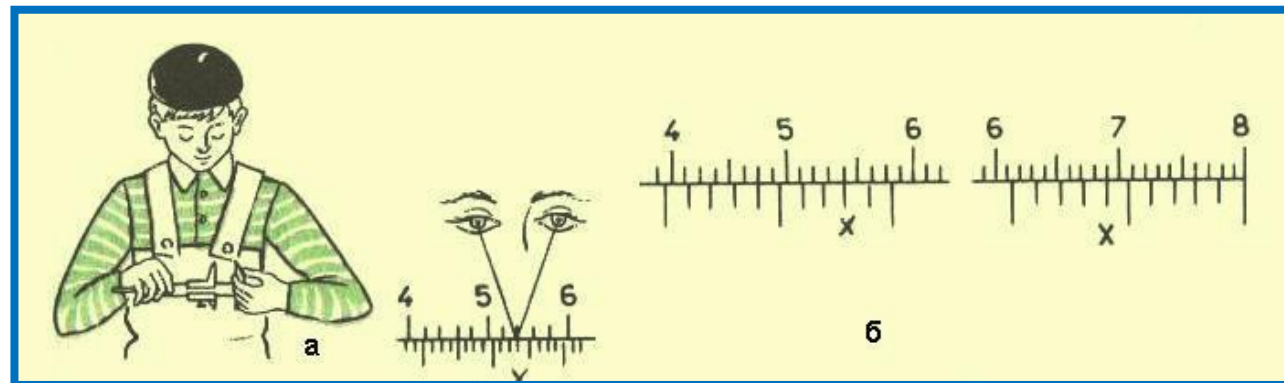


# Измерение



# Считывание показаний

При считывании показаний штангенциркуль нужно держать прямо перед глазами. Целые миллиметры отсчитывают от нулевого штриха штанги к нулевому штриху нониуса. Если нулевой штрих нониуса не совпадает со штрихом штанги, а находится за ним, то это значит, что в размер входят и десятые доли миллиметра. Тогда десятые доли миллиметра отсчитывают по делениям нониуса, начиная от нулевого до штриха, совпадающего со штрихом штанги. Складывая целую часть и десятые доли, получают полный размер детали или глубину отверстия



а – положение глаз; б – примеры отсчёта:  $39 + 0,1 \cdot 8 = 39,8$  (мм);  $61 + 0,1 \cdot 4 = 61,4$  (мм)

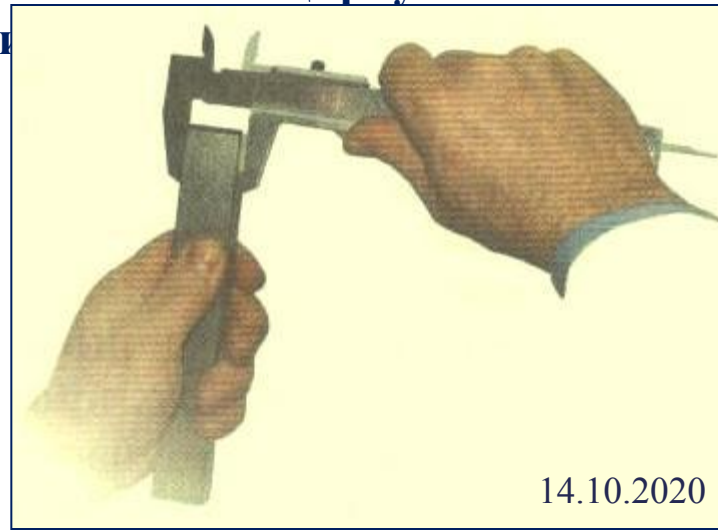
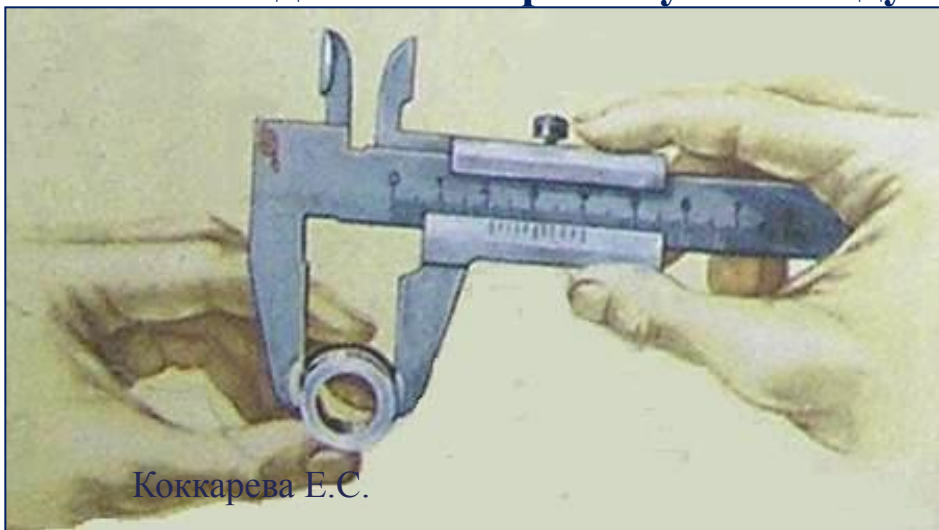
Коккарева Е.С.

14.10.2020

# Измерение наружных размеров

При измерении наружного размера штангенциркуль берут в правую руку (четыре пальца обхватывают штангу, большой палец лежит на рамке) и ослабляют зажимной винт рамки, затем разводят измерительные губки на размер, несколько больший размера измеряемой детали, помещают деталь между губками и большим пальцем передвигают рамку до соприкосновения губок с измеряемой поверхностью. Измеряя деталь, закрепляют рамку зажимным винтом.

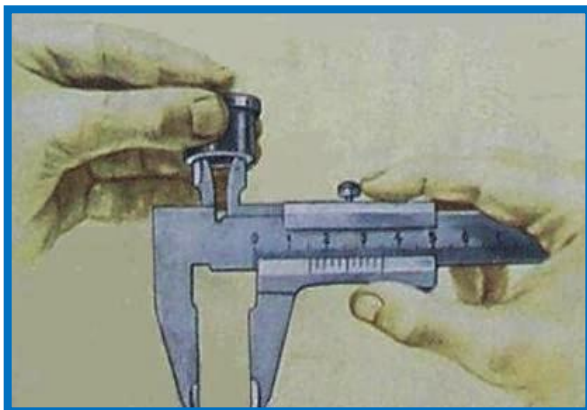
Перед считыванием результата необходимо убедиться в том, что губки заняли правильное положение: перекосы отсутствуют, а при перемещении детали между ними соблюдается нормальность усилия (деталь проходит между измерительными поверхностями, легко контактируя с ними). Затем вынимают деталь из промежутка между губками штангенциркуля.



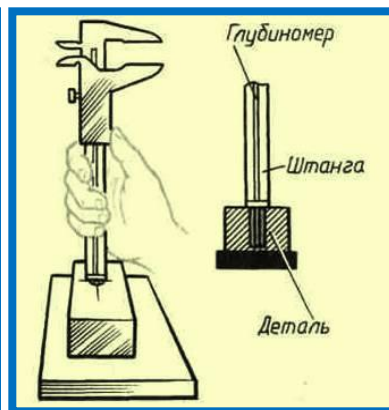
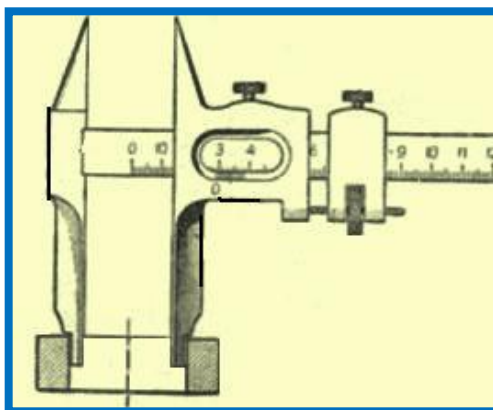
# Измерение внутренних размеров и глубины

Внутренние размеры детали измеряют с помощью заострённых губок штангенциркуля. Для этого достаточно привести их в сомкнутое состояние и поместить в измеряемую деталь. После этого вспомогательные губки разводятся. Перед определением результата проверяют соблюдение тех же условий, что и при считывании показаний при измерении наружных размеров.

Глубину пазов и отверстий, а также высоту различных уступов деталей измеряют с помощью глубиномера. Взяв штангенциркуль в правую руку, и ослабив зажимной винт рамки, упирают торец штанги в верхний край измеряемого углубления. Перемещая подвижную рамку, вводят линейку глубиномера в отверстие или другое углубление до тех пор, пока глубиномер не упрётся в поверхность, закрепляют это положение рамки зажимным винтом, вынимают глубиномер из углубления и считывают результат измерения



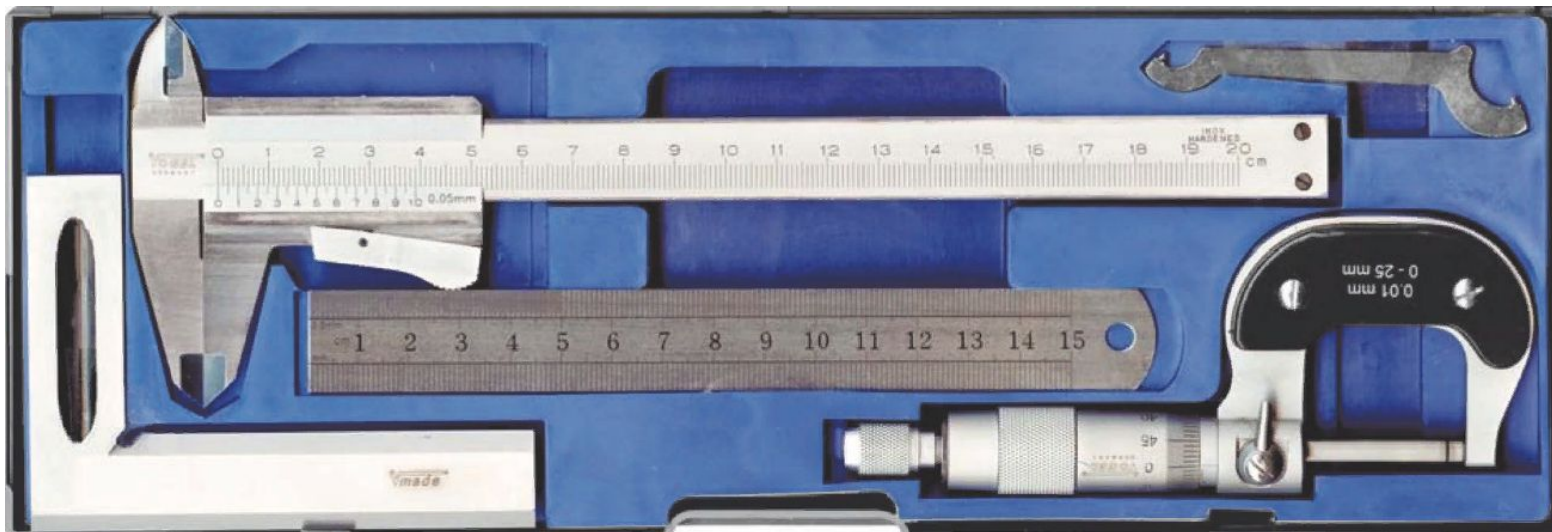
Коккарева Е.С.



14.10.2020

# Правила обращения со штангенциркулем.

- 1.** Перед началом работы штангенциркуль нужно протереть чистой тканью, удалив смазку и пыль (особенно тщательно очищают измерительные поверхности). Нельзя очищать инструмент шлифовальной шкуркой или ножом.
- 2.** Нельзя класть инструмент на нагревательные приборы.
- 3.** Измеряемые детали должны быть чистыми, сухими, без задиров и заусенцев. Руки также должны быть чистыми и сухими.
- 4.** Губки штангенциркуля имеют острые концы, поэтому при измерении следует соблюдать осторожность.
- 5.** Нельзя допускать перекоса губок штангенциркуля. Их слегка фиксируют зажимным винтом.
- 6.** При чтении показаний на измерительных шкалах держите штангенциркуль прямо перед глазами.
- 7.** Штангенциркуль должен лежать на рабочем месте так, чтобы им было удобно пользоваться. На него не должны падать пыль, стружка, опилки.
- 8.** После работы штангенциркуль надо протереть чистой тканью, смазать его и уложить в футляр.
- 9.** Во время хранения штангенциркуля измерительные поверхности губок должны быть слегка разъединены, а зажим рамки – соединен.





# Задание для самостоятельной работы

- Ознакомиться с ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76). Штангенциркули. Технические условия. (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 30.10.1989 N 3253) (ред. от 01.10.1992) – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003
- Ознакомиться с ГОСТ 6507-90. Микрометры. Технические условия. (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 25.01.1990 N 86) (ред. от 01.10.1992) – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004
- Изучить устройство микрометров и механических угломеров [Текстовый документ «Микрометр. Механический угломер»]
- Изучить по учебнику п. 2.2 [Схиртладзе А. Г., Радкевич Я. М. Метрология, стандартизация и технические измерения: учебник / А. Г. Схиртладзе, Я. М. Радкевич. — Старый Оскол: ТНТ, 2010. — 420 с.]

# Допуски и посадки. ■

## Шероховатость

Определение точности обработки

Отклонения и допуски на размеры деталей

Предельные отклонения

Допуск

Посадки цилиндрических соединений

Допуски формы поверхности

Отклонение расположения

Шероховатость поверхностей

Задание для самостоятельной работы

# Определение точности обработки

Под точностью обработки в машиностроении понимается степень приближения

- размеров,
  - формы,
  - взаимного расположения,
  - шероховатости
- поверхностей детали к значениям, заданным по чертежу.

# Отклонения и допуски на размеры деталей

Указанные на чертеже размеры абсолютно точно получить невозможно.

Причины:

- изнашивание станка;
- износ режущей части инструмента;
- деформация детали при обработке;
- погрешность измерительных приборов.

На чертежах размеры деталей указывают с отклонениями, которые проставляются вверху и внизу рядом с **номинальным** размером.

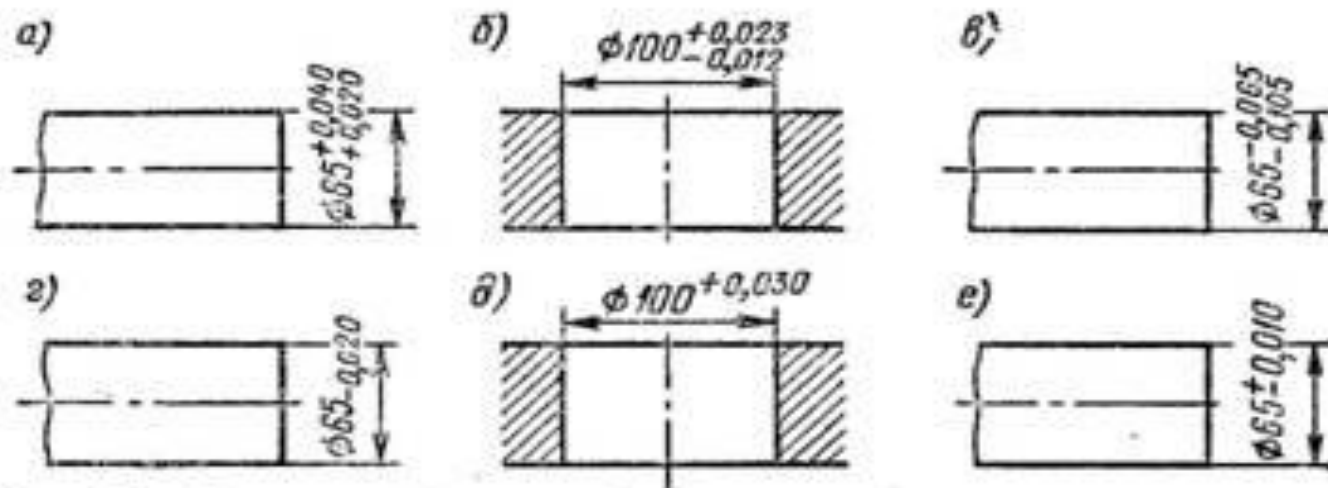


Рис. 71. Примеры обозначений на чертежах допусков числовыми значениями отклонений

**Номинальным размером** называют общий размер для соединяемого вала и отверстия, например 20 мм.

# Предельные отклонения

Размеры  $20^{+0,5}$  и  $20_{-0,2}$  – это номинальный размер с верхним  $+0,5$ (мм) и нижним  $-0,2$ (мм) предельными отклонениями.

*Верхнее отклонение* ES, es — алгебраическая разность между наибольшим предельным и соответствующим номинальным размерами.

Верхнее отклонение вала  $+0,5$  мм означает, что наибольший размер вала должен быть  $20\text{мм}+0,5\text{мм}=20,5$  мм.

# Предельные отклонения

*Нижнее отклонение* EI, ei — алгебраическая разность между наименьшим предельным и соответствующим номинальным размерами.

Нижнее отклонение вала  $-0,2$  мм означает, что наименьший размер вала должен быть  $20\text{мм}-0,2\text{мм}=19,8\text{мм}$ .

# Допуск

**Разность между наибольшим и наименьшим допустимыми (предельными) размерами называют допуском.**

$$20^{+0,5}(20,5\text{мм}) - 20_{-0,2}(19,8\text{мм}) = 0,7\text{мм}$$

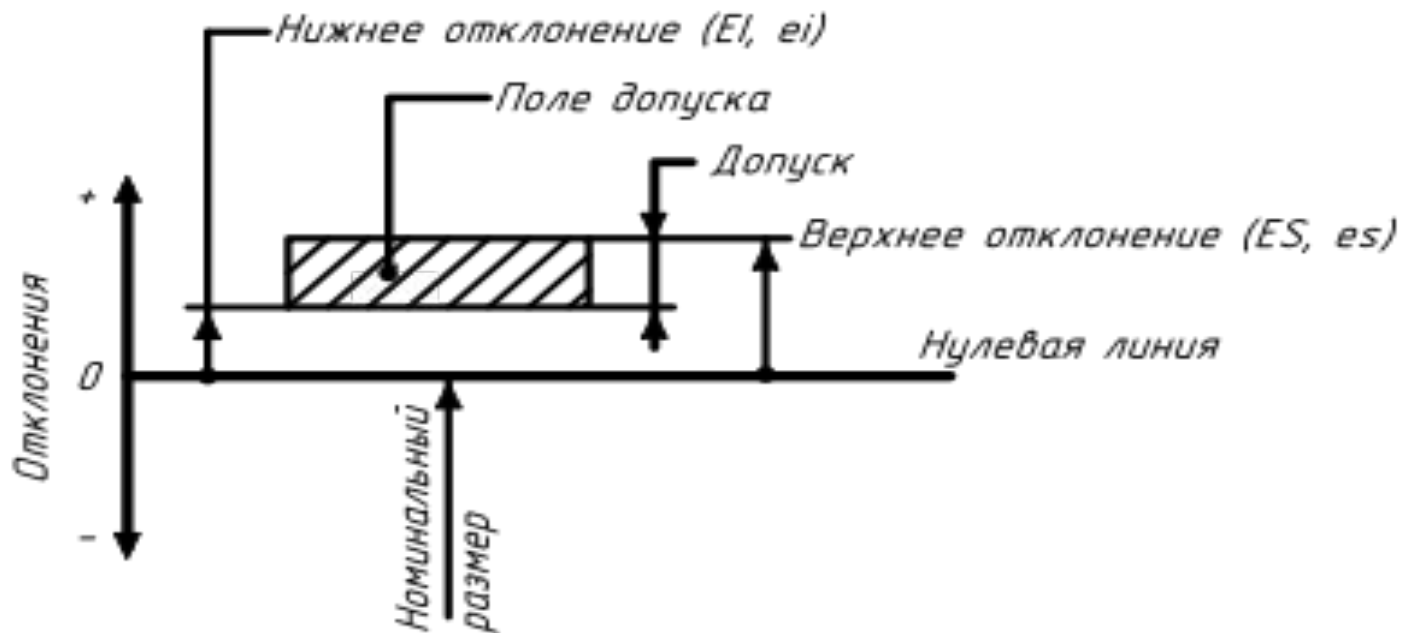
**Допуск можно рассчитать и через отклонения:**

$$es - ei = 0,5 - (-0,2) = 0,5 + 0,2 = 0,7(\text{мм})$$



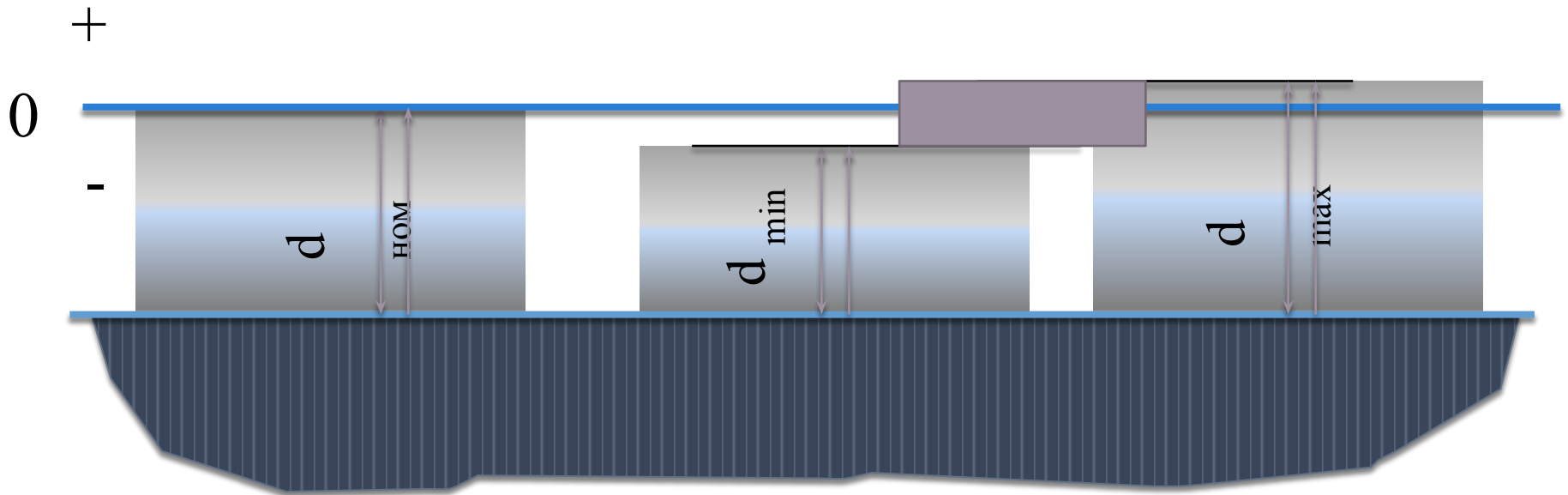
# Поле допуска

**Поле допуска** — поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами и определяемое величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии



# Построение поля допуска вала

- $d_{\text{ном}}$  – номинальный диаметр
- $d_{\text{min}}$  – наименьший допустимый диаметр
- $d_{\text{max}}$  – наибольший допустимый диаметр



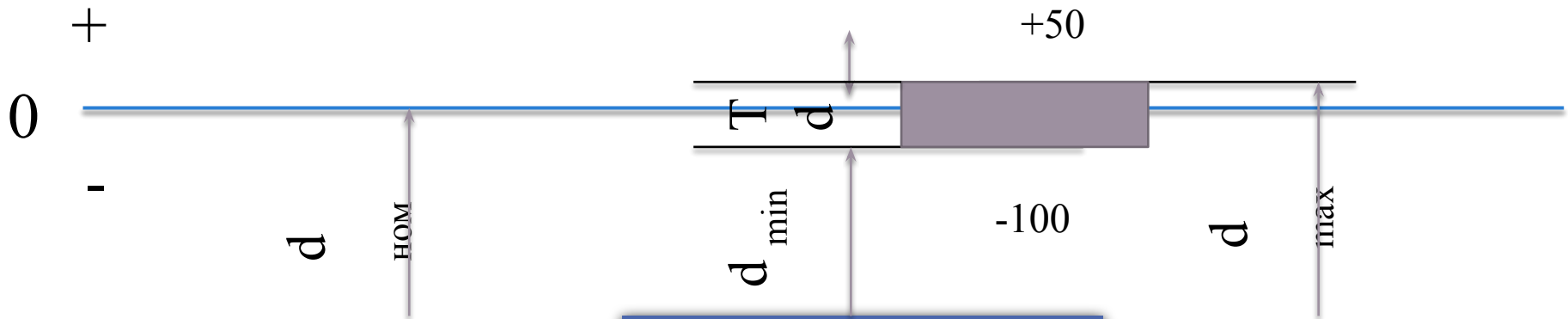
# Обозначение поля допуска

- $d_{\text{НОМ}}$  – номинальный диаметр
- $es$  – верхнее предельное отклонение
- $ei$  – нижнее предельное отклонение

$\text{Ø}50^{+0,05}_{-0,1}$

Предельные отклонения указываются в микрометрах на графическом изображении поля допуска и в мм на чертеже

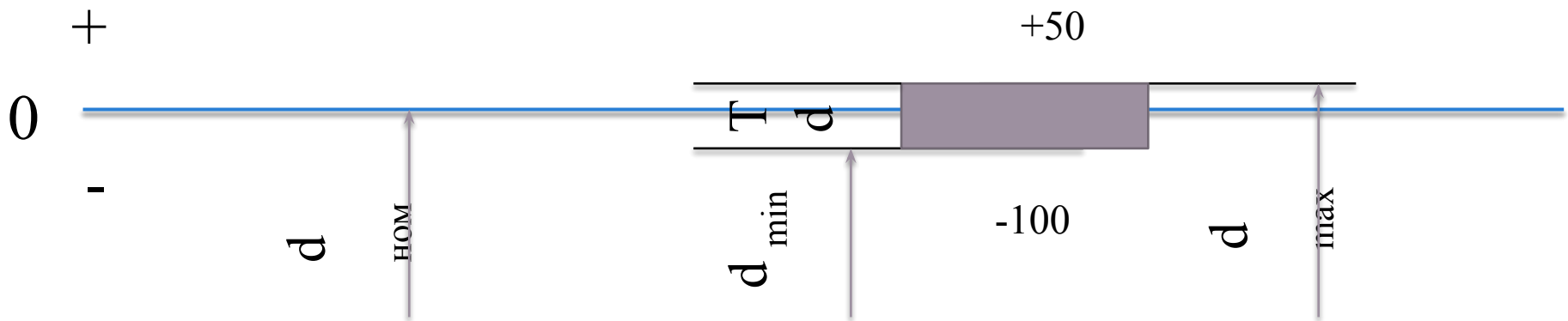
- $T_d = es - ei$  – допуск
- $d_{\text{min}} = d_{\text{НОМ}} + ei$  – наименьший допустимый диаметр
- $d_{\text{max}} = d_{\text{НОМ}} + es$  – наибольший допустимый диаметр



# Обозначение поля допусков

- $d_{\text{НОМ}} = 50$  мм – номинальный диаметр
- $es = +50$  мкм – верхнее предельное отклонение
- $ei = -100$  мкм – нижнее предельное отклонение
- $Td = es - ei = 50 - (-100) = 150$  мкм – допуск
- $d_{\text{min}} = 50 + (-0,1) = 49,9$  мм – наименьший допустимый диаметр
- $d_{\text{max}} = 50 + 0,05 = 50,05$  мм – наибольший допустимый диаметр

$\text{Ø}50^{+0,05}_{-0,1}$



# Поле допуска отверстия

**$D_{\text{ном}}$**  – номинальный диаметр

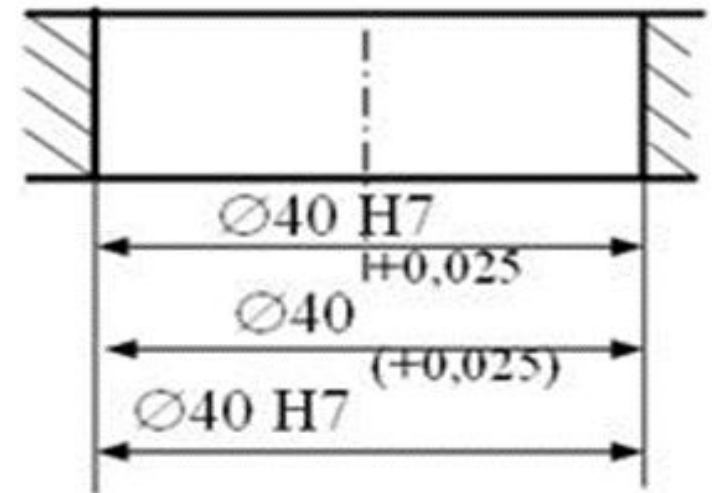
**$ES$**  – верхнее предельное отклонение

**$EI$**  – нижнее предельное отклонение

**$TD = ES - EI$**  – допуск

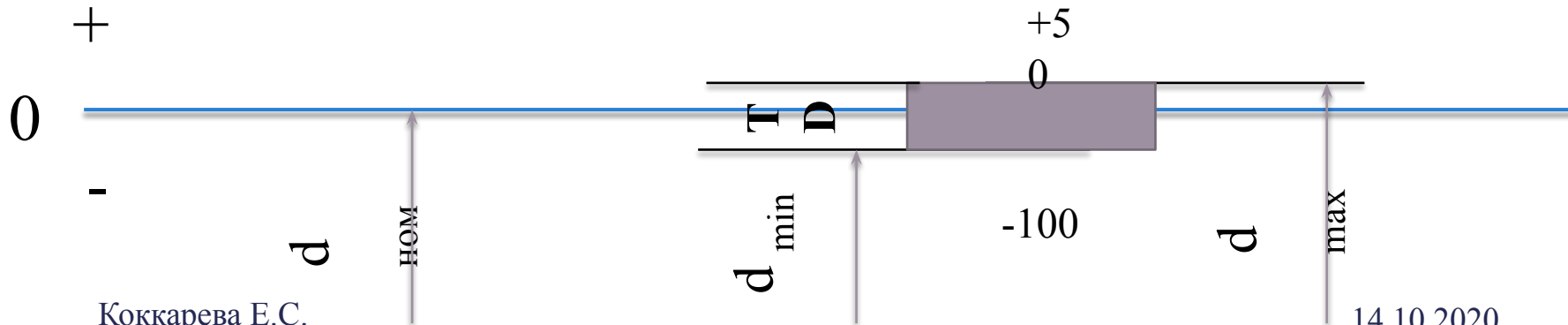
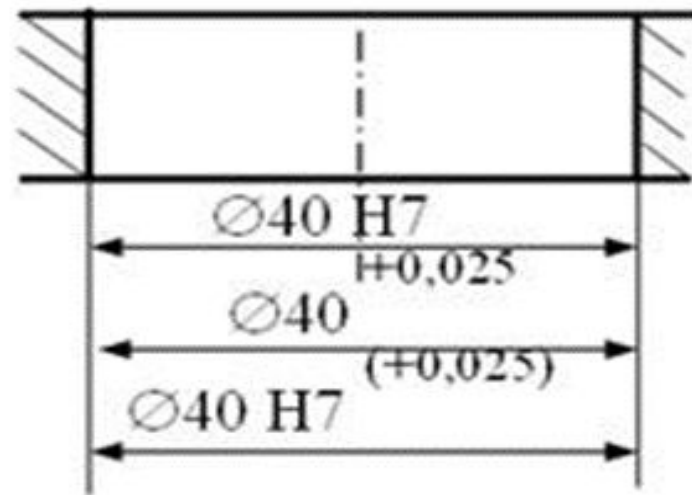
**$D_{\text{min}} = D_{\text{ном}} + EI$**  – наименьший допустимый диаметр

**$D_{\text{max}} = D_{\text{ном}} + ES$**  – наибольший допустимый диаметр



# Обозначение поля допуска

- $D_{\text{ном}} = 40$  мм – номинальный диаметр
- $ES = + 25$  мкм – верхнее предельное отклонение
- $EI = 0$  мкм – нижнее предельное отклонение
- $TD = 25 - 0 = 25$  мкм – допуск
- $D_{\text{min}} = 40 + 0 = 40$  мм – наименьший допустимый диаметр
- $D_{\text{max}} = 40 + 0.025 = 40,025$  мм наибольший допустимый диаметр



# Пример 1

*Построить схему поля допуска отверстия Ø50H8. Определить предельные отклонения, предельные размеры, допуск отверстия. Полученный при обработке размер 50,05 мм. Сделать вывод о пригодности детали и исправимости брака (при наличии).*

**Рабочие формулы:**

$$D_{\max} = D + ES \quad (1)$$

$$D_{\min} = D + EI \quad (2)$$

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI \quad (3)$$

**В данных формулах числовые значения должны быть в мм!**

# Пример 1

## Решение:

1. По номинальному размеру и качеству точности выписываем из ГОСТ 25346-89 (табл. 1) значение допуска (в таблице стандарта значения приведены в микрометрах):

$$TD = 39 \text{ мкм} = 0,039 \text{ мм}$$

2. По номинальному размеру и буквенному обозначению выписываем из ГОСТ 25346-89 (табл. 3) значение основного отклонения (в данном случае основным будет нижнее предельное отклонение):

$$EI = 0 \text{ мкм}$$



# Пример 1

3. По формуле (3) определяем верхнее предельное отклонение:

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI \rightarrow ES = TD + EI$$

$$ES = 0,039 - 0 = 0,039 \text{ мм}$$

4. По формулам (1, 2) определяем предельные размеры:

$$D_{\max} = D + ES = 50 + 0,039 = 50,039 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = D + EI = 50 + 0 = 50 \text{ мм}$$

5. Условие пригодности детали:  $D_{\min} \leq D_{\text{действ}} \leq D_{\max}$

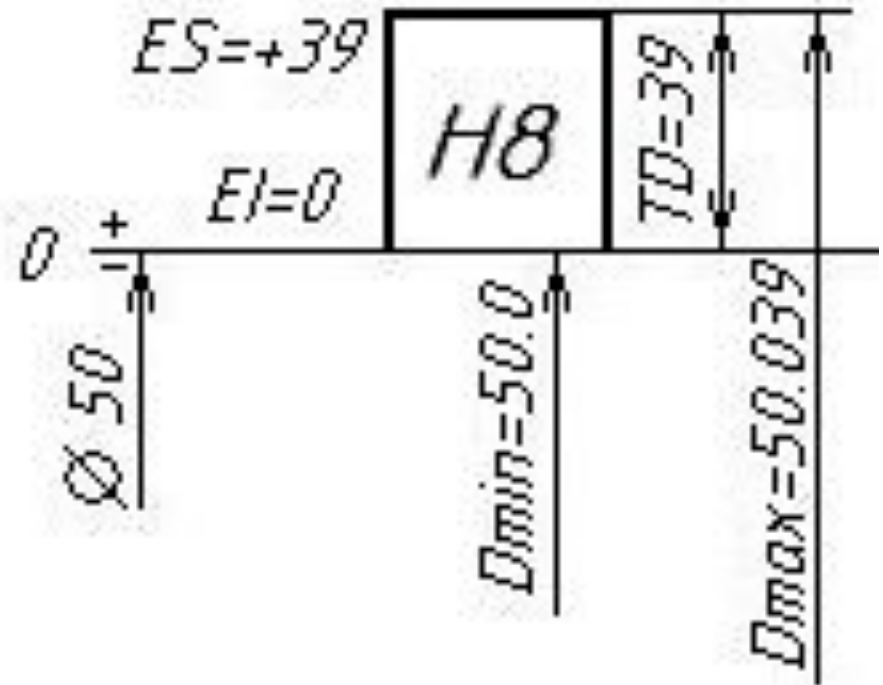
Для размера  $50,05 \text{ мм}$  данное условие не выполняется.

$D_{\max} \leq D_{\text{действ}}$ . Данный брак неисправим.

# Пример 1

6. Строим схему поля допуска:

- Построение схемы начинаем с изображения нулевой линии, к которой снизу вверх указываем номинальный размер отверстия диаметром 50 мм.
- От нулевой линии вверх откладываем верхнее отклонение, которое положительно, т. е. +39 мкм. Нижнее отклонение равно нулю, т. е. оно находится на нулевой линии.
- Произвольно по ширине достраиваем поле допуска, внутри которого проставляем Н8.



$\text{Ø}50 \text{ H}8 (+0,039)$

## Пример 2

*Построить схему поля допуска вала Ø35f7. Определить предельные размеры, допуски отверстия. Полученный при обработке размер 34,99 мм. Сделать вывод о пригодности детали и исправимости брака (при наличии).*

**Рабочие формулы:**

$$d_{\max} = d + es \quad (1)$$

$$d_{\min} = d + ei \quad (2)$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = es - ei \quad (3)$$

**В данных формулах числовые значения должны быть в мм!**

# Пример 2

## Решение:

1. По номинальному размеру и качеству точности выписываем из ГОСТ 25346-89 (табл. 1) значение допуска (в таблице стандарта значения приведены в микрометрах):

$$T_d = 25 \text{ мкм} = 0,025 \text{ мм}$$

2. По номинальному размеру и буквенному обозначению выписываем из ГОСТ 25346-89 (табл. 2) значение основного отклонения (в данном случае основным будет верхнее предельное отклонение):

$$e_s = - 25 \text{ мкм} = - 0,025 \text{ мм}$$

## Пример 2

3. По формуле (3) определяем нижнее предельное отклонение:

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = es - ei \quad \rightarrow \quad ei = es - Td$$

$$ei = -0,025 - 0,025 = -0,050 \text{ мм}$$

4. По формулам (1, 2) определяем предельные размеры:

$$d_{\max} = d + es = 35 + (-0,025) = 34,975 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d + ei = 35 + (-0,050) = 34,95$$

5. Условие пригодности детали:  $D_{\min} \leq D_{\text{действ}} \leq D_{\max}$

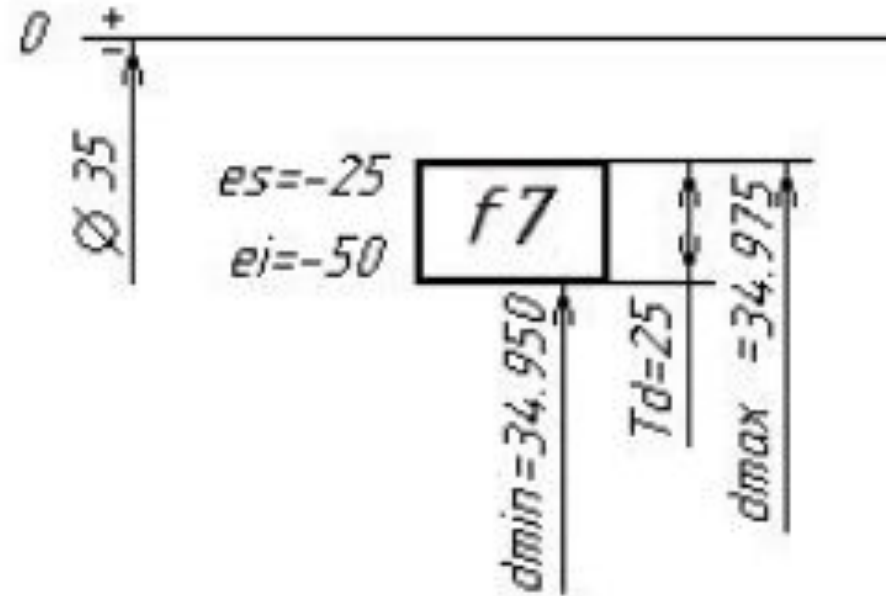
Для размера  $34,99 \text{ мм}$  данное условие не выполняется.

$D_{\max} \leq D_{\text{действ}}$ . Данный брак исправим.

# Пример 2

6. Строим схему поля допуска:

- Для вала  $\text{Ø}35f7$  оба отклонения отрицательны, т. е. поле допуска будет расположено ниже нулевой линии.
- Оба отклонения откладываются вниз, отсчет ведется от нулевой линии.
- На схеме указываем предельные размеры и допуски..



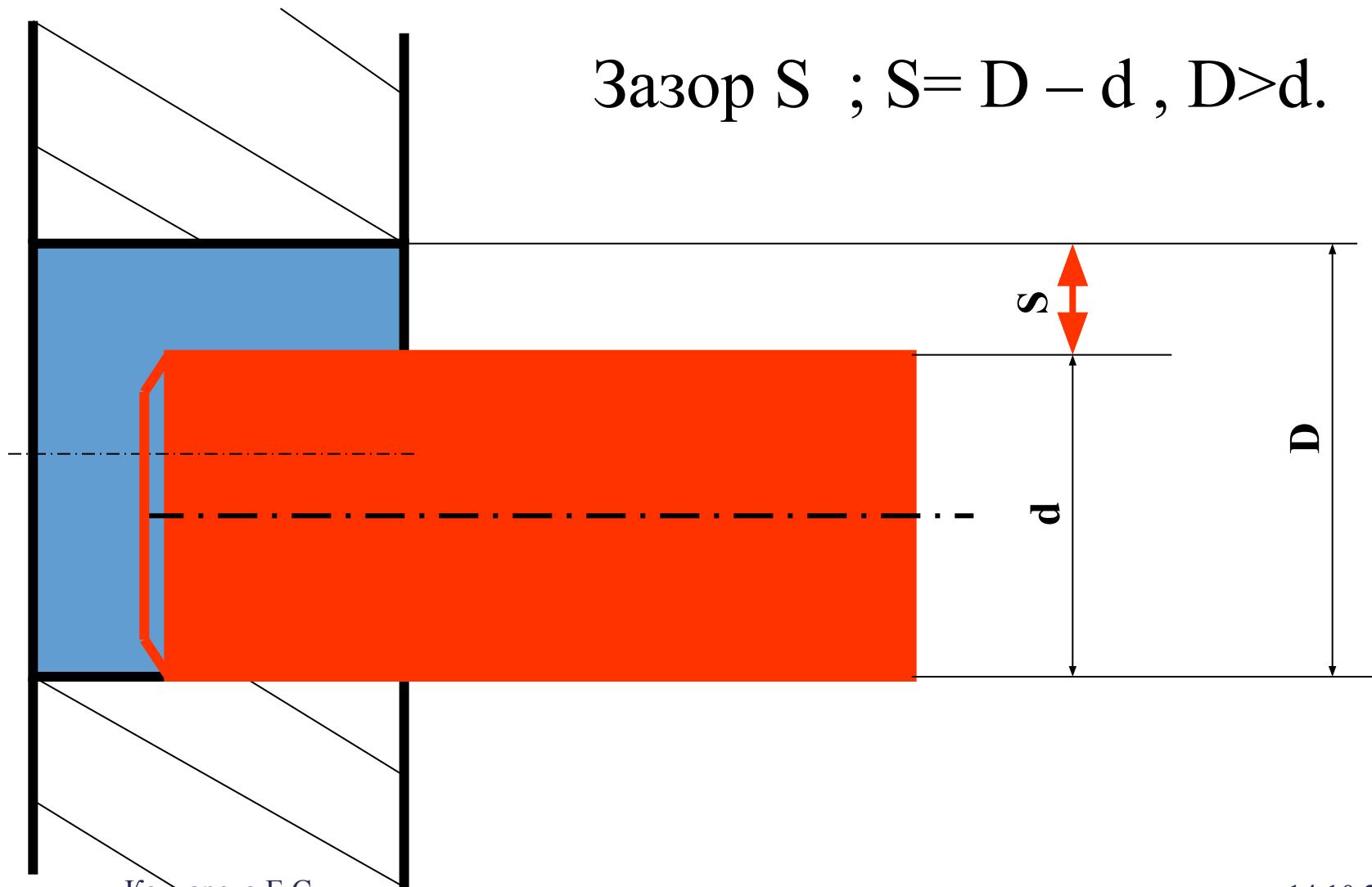
$$\text{Ø}35 f7 \begin{pmatrix} - & 0,025 \\ - & 0,050 \end{pmatrix}$$

# Посадки цилиндрических соединений

- Поверхности деталей бывают сопрягаемые и несопрягаемые.
- **Сопрягаемые** — это поверхности, по которым детали соединяются в сборочные единицы, а сборочные единицы в механизмы.
- **Несопрягаемые**, или свободные — это конструктивно необходимые поверхности, не предназначенные для соединения с поверхностями других деталей.
- Детали собираются в определенные сборочные единицы и механизмы. При сборке двух деталей, входящих одна в другую, различают наружную — **охватываемую поверхность** и внутреннюю — **охватывающую поверхность**.
- Первая условно называется **валом**, вторая – **отверстием**. Эти названия применимы не только для цилиндрических поверхностей, но и для плоских (например, размер, определяющий ширину шпоночного паза, выступает в роли отверстия, а размер, определяющий ширину шпонки, – в роли вала).
- Характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов, называется **посадкой**. По характеру соединения посадки делятся на три группы:
  - **посадки с зазором,**
  - **посадки с натягом,**
  - **переходные посадки.**

# Понятие зазора.

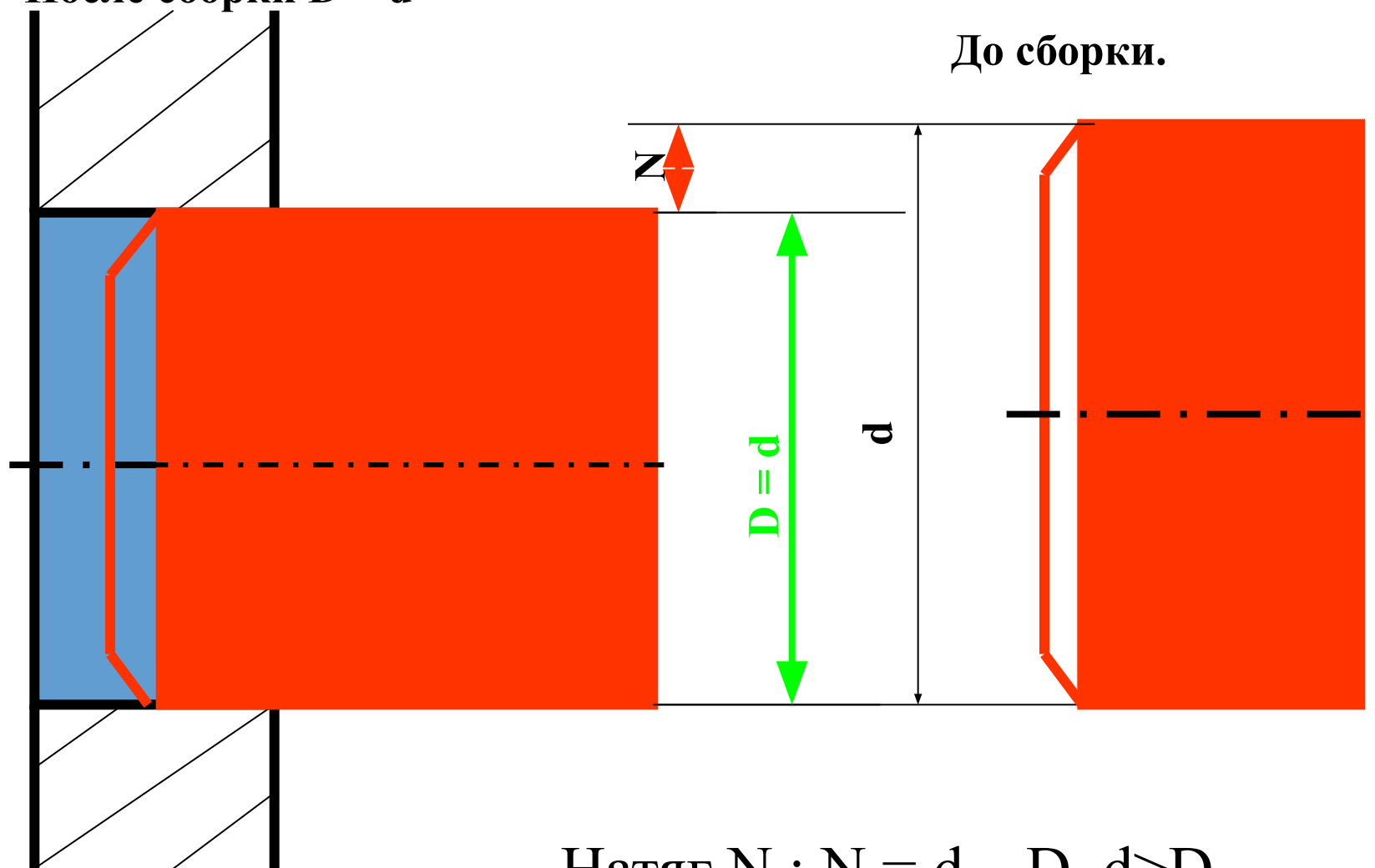
Зазор  $S$  ;  $S = D - d$  ,  $D > d$ .





# Понятие натяга

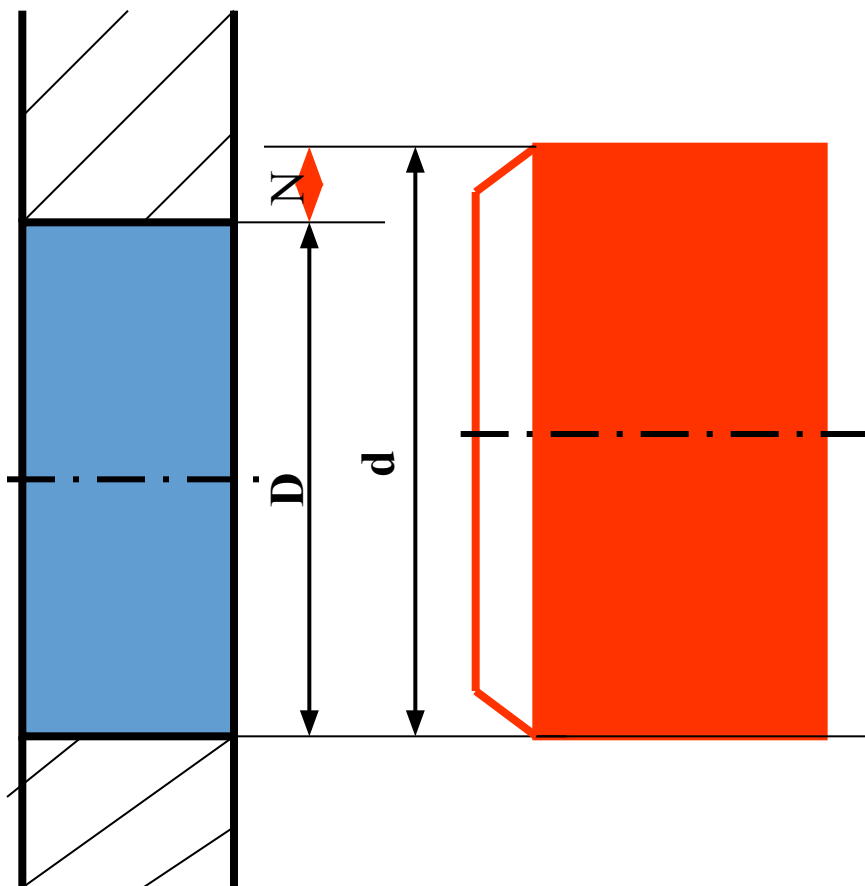
После сборки  $D = d$



# Понятие натяга

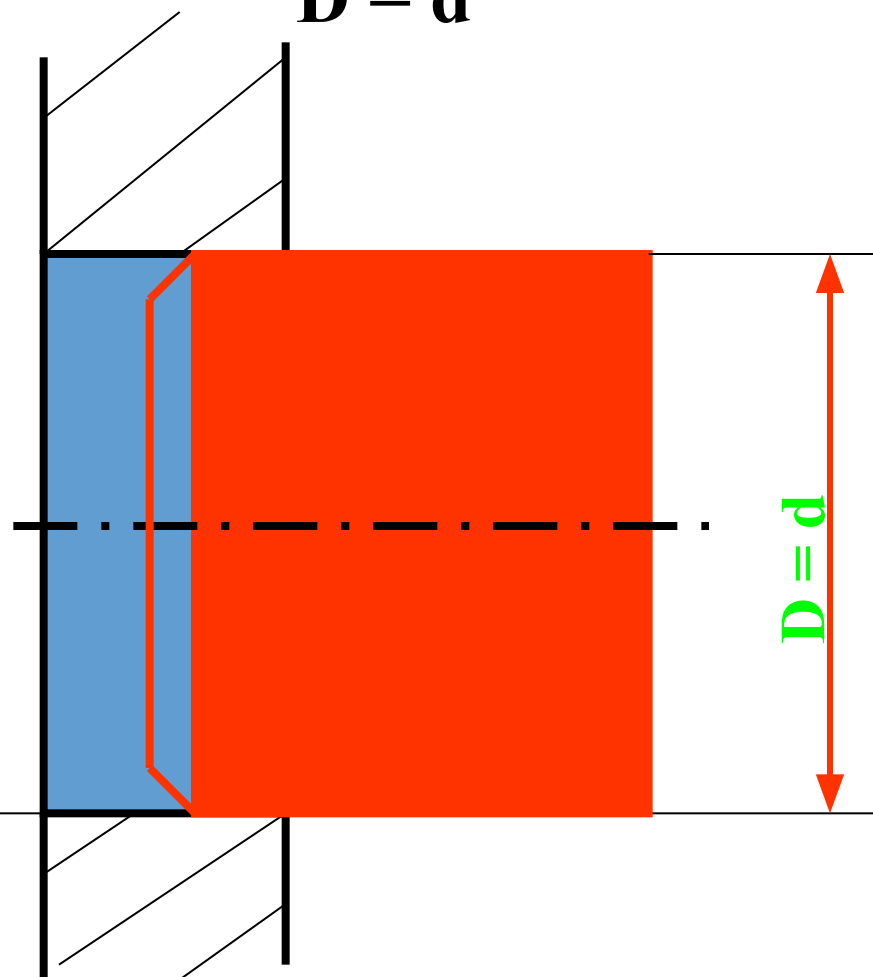
До сборки:

$$d > D$$

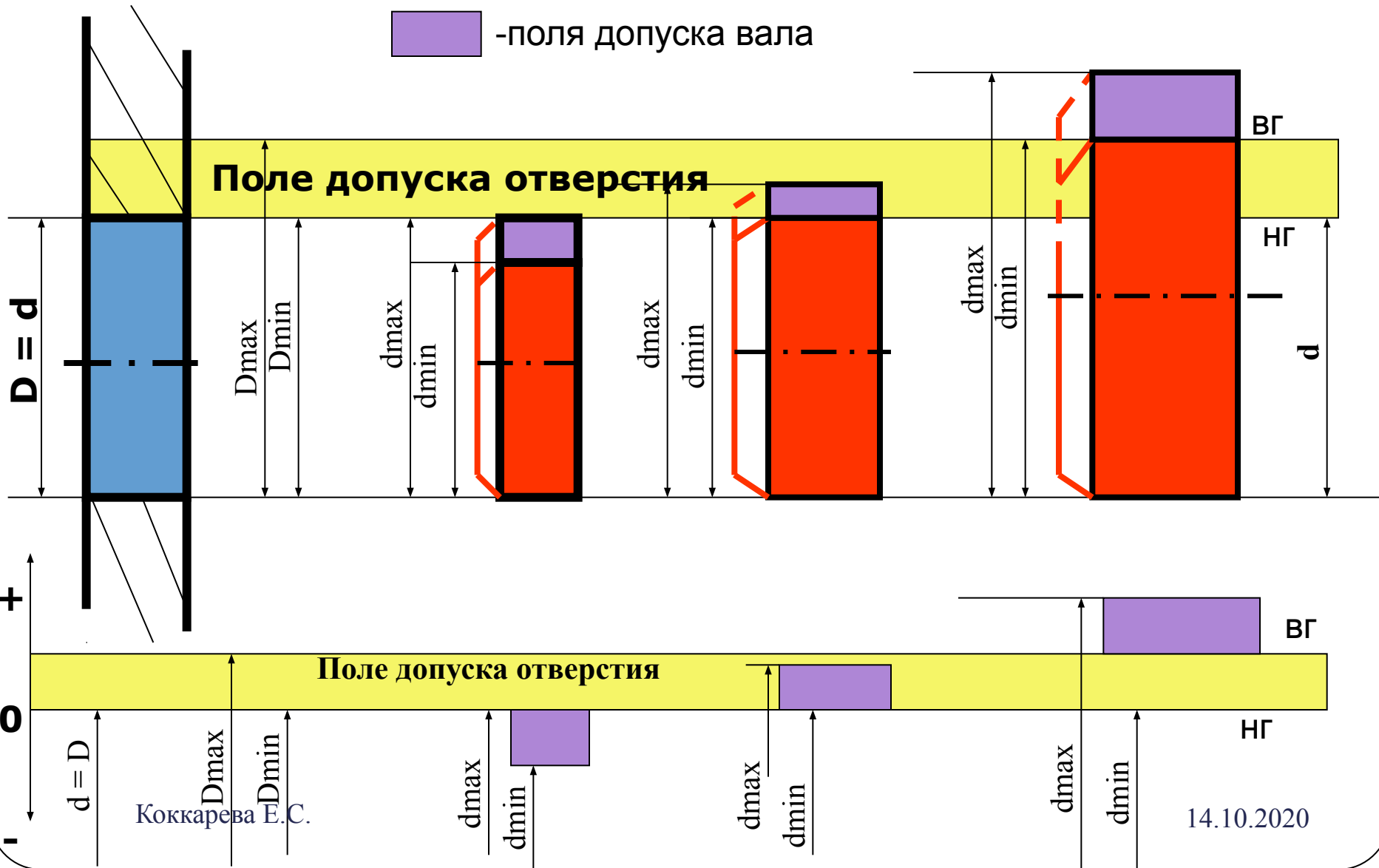


После сборки

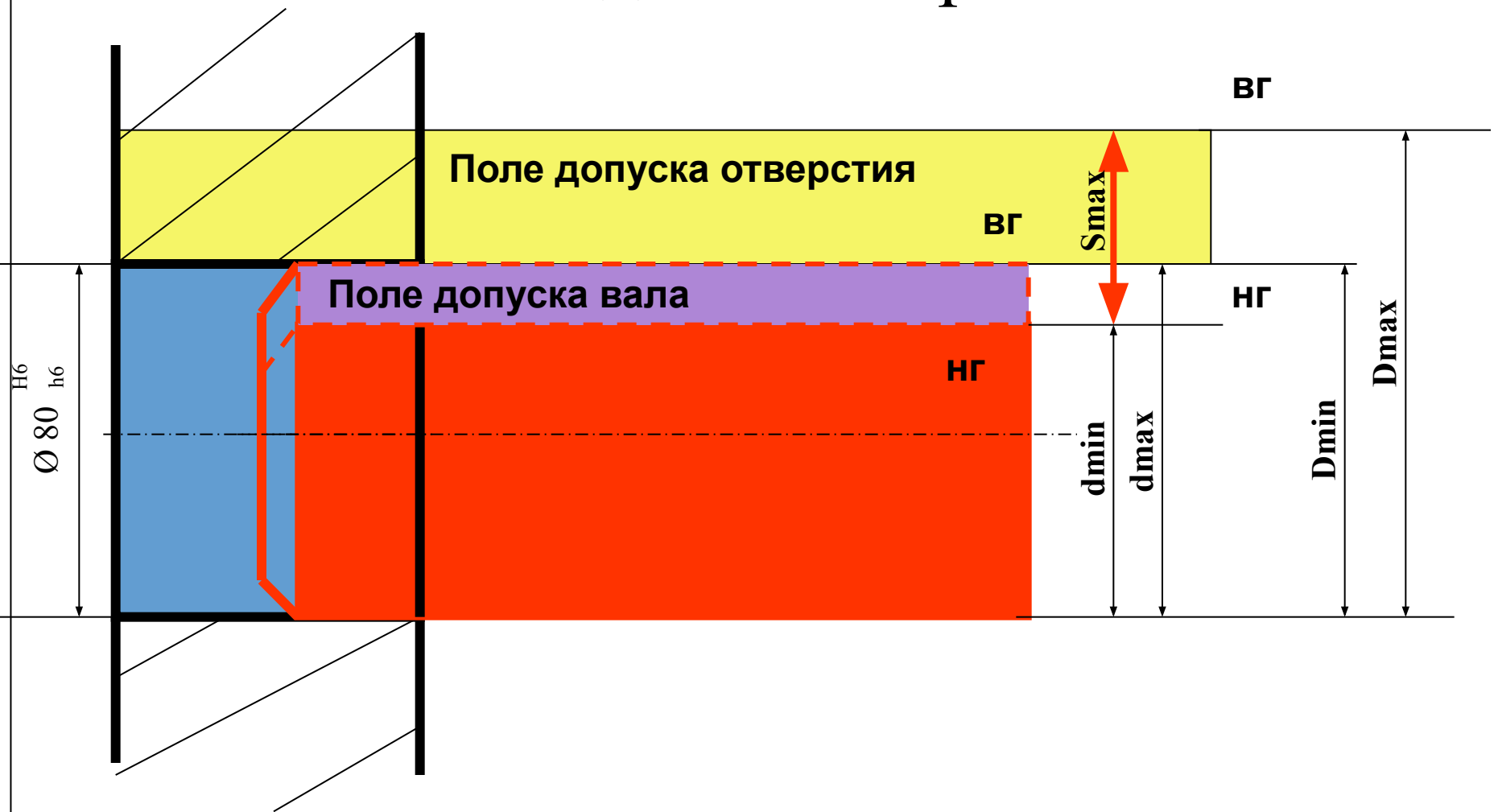
$$D = d$$



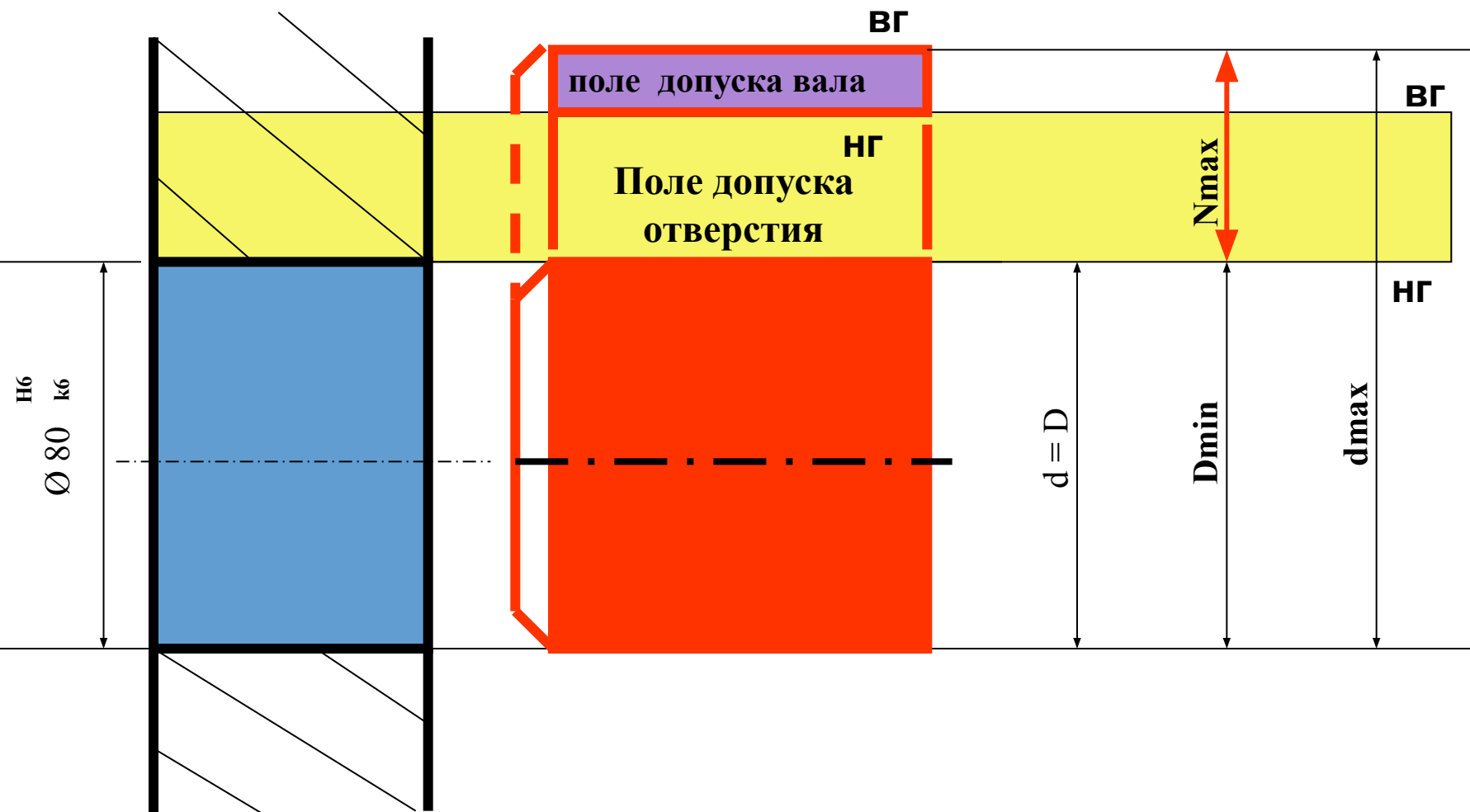
# Система отверстия

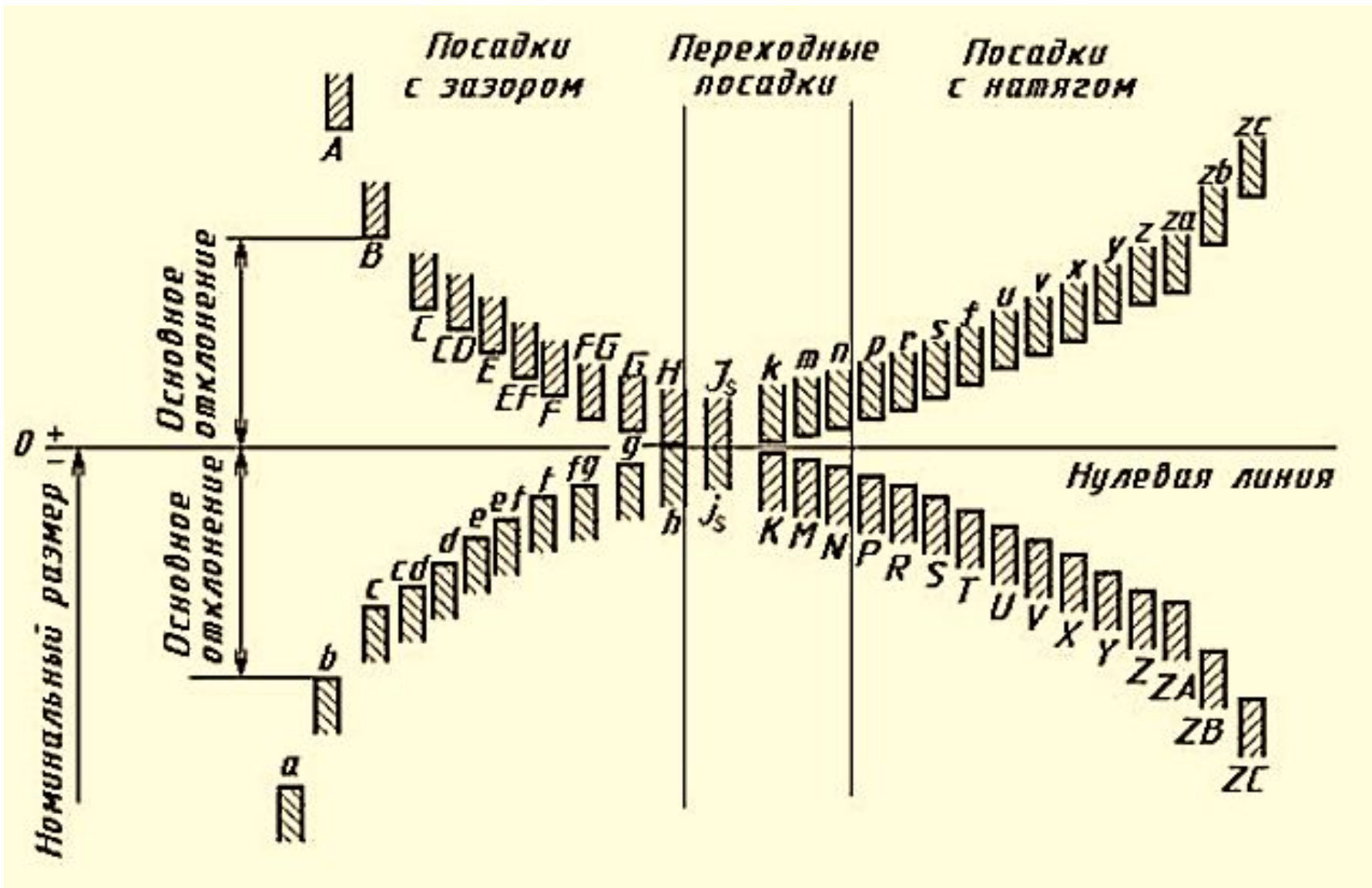


# Посадки с зазором S.



# Посадки с натягом **N.**

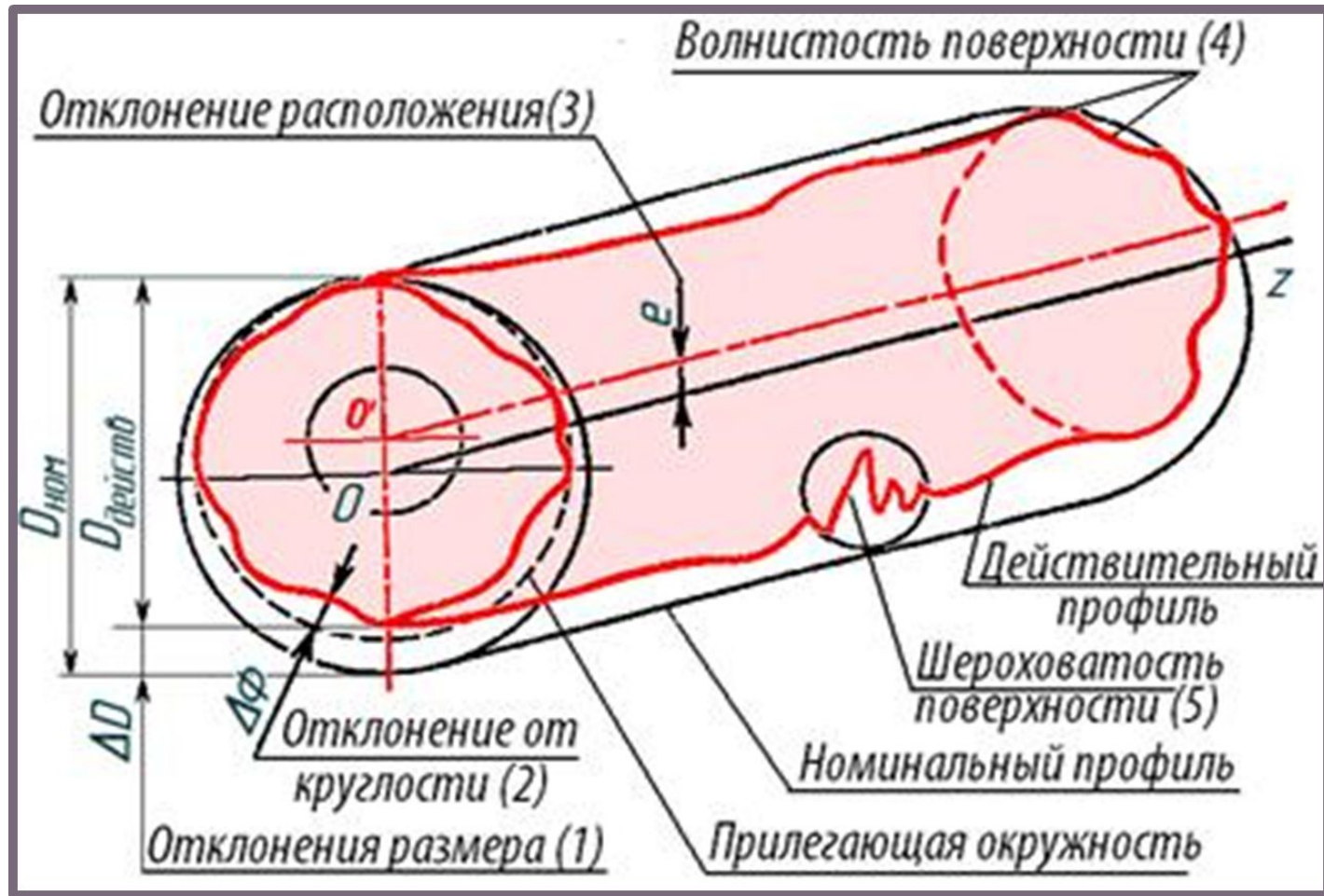




# Допуски формы поверхности

- **Отклонение формы поверхности** – отклонение формы реальной поверхности от номинальной.
- **Номинальная поверхность** – идеальная поверхность, форма которой задана чертежом или технической документацией.
- **Прилегающая поверхность** – поверхность, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала так, чтобы отклонение от неё наиболее удаленной точки профиля было минимальным.

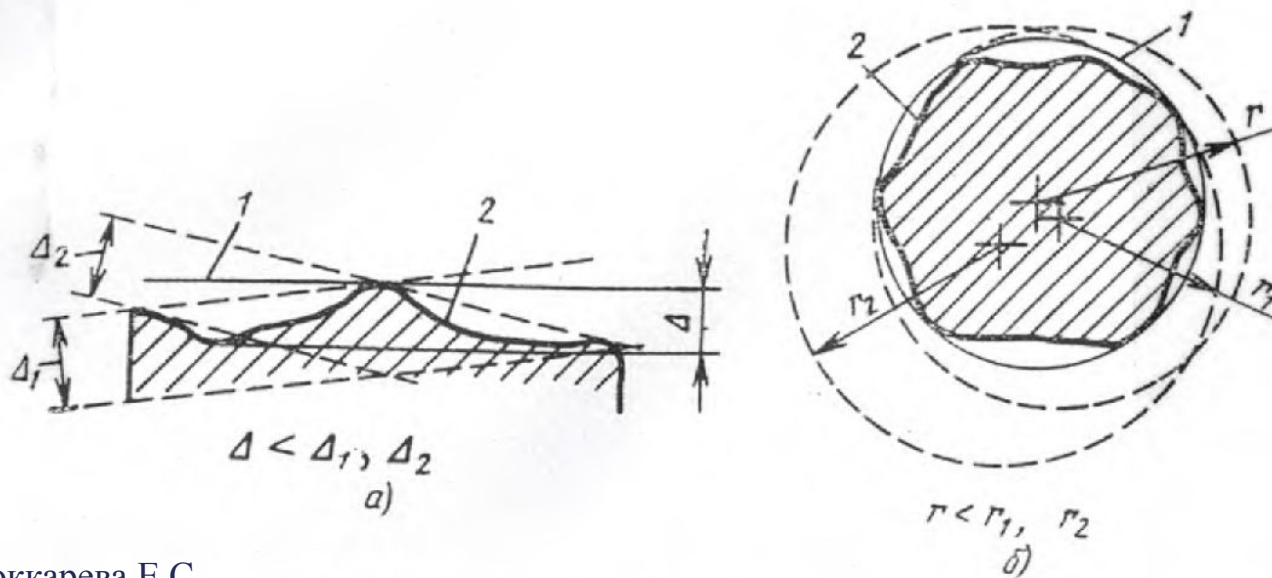
# Отклонения геометрических параметров





# Отклонение формы

Это расстояние от реальной поверхности, ограничивающей деталь от окружающей среды, до прилегающей – номинальной (заданной чертежом), соприкасающейся с реальной так, что её отклонение от наиболее удалённой точки реальной поверхности



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



Рис. 4. Нелоскостность



Рис. 5. Непрямолинейность



Рис. 6. Виды нелоскостности и непрямолинейности:

а — вогнутость; б — выпуклость



Рис. 7. Нецилиндричность

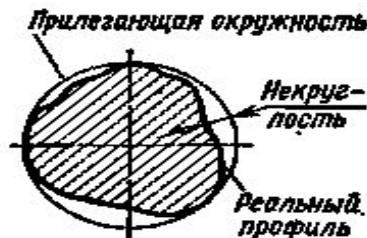


Рис. 8. Нецилиндричность — вид некруглости

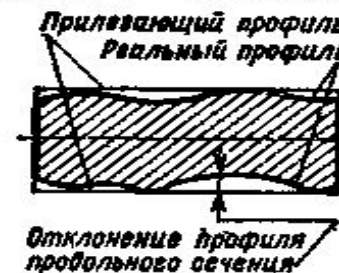


Рис. 9. Нецилиндричность — отклонение профиля продольного сечения

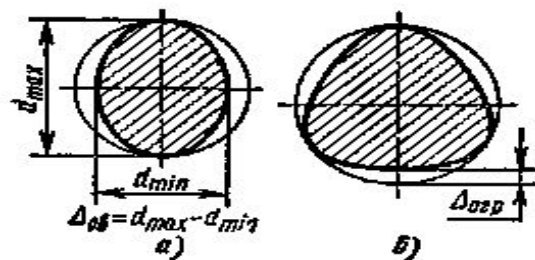


Рис. 10. Вид некруглости:  
а — овальность; б — огранка

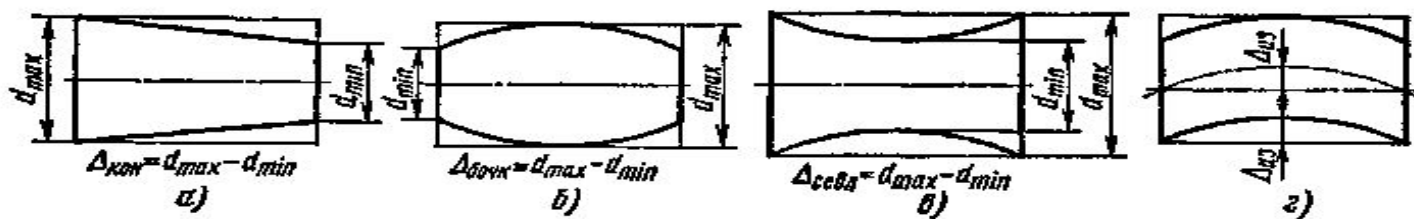
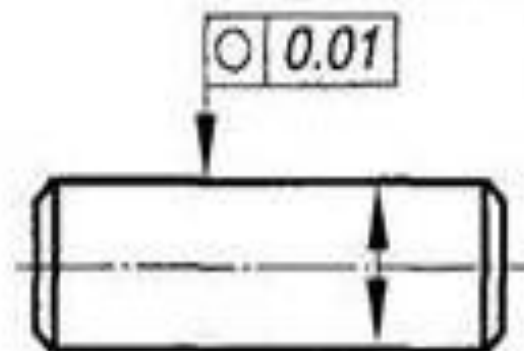


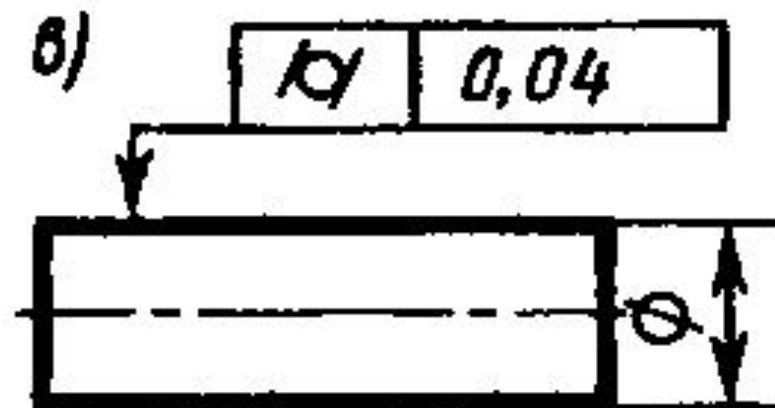
Рис. 11. Виды отклонения профиля продольного сечения:

а — конусообразность; б — бочкообразность; в — седлообразность; г — изогнутость

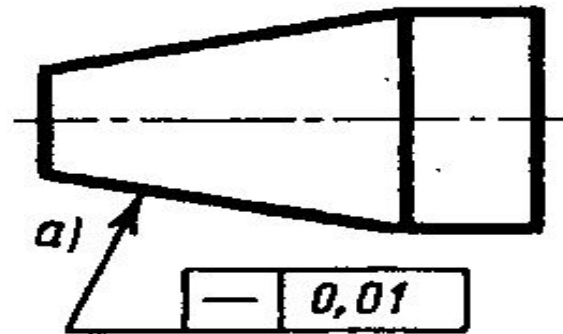
 - Допуск круглости



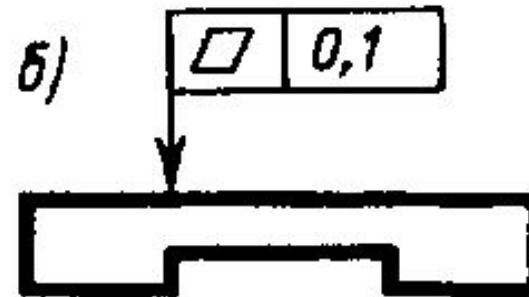
 Допуск  
цилиндричности



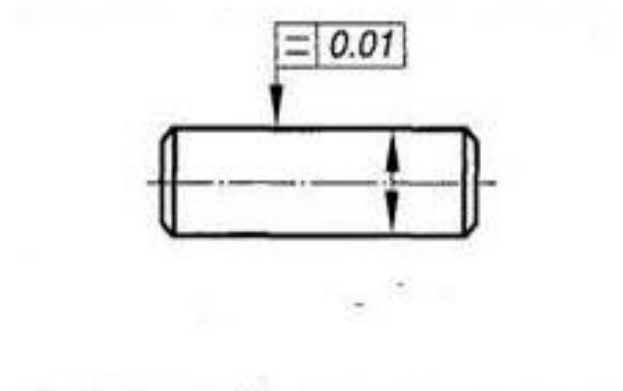
**Допуск  
прямолинейности**



**Допуск  
плоскостности**



**Допуск  
профиля продольного  
сечения.**



# Отклонение расположения

- **Отклонения расположения поверхностей** – отклонение реального расположения, рассматриваемого элемента (оси, поверхности, плоскости симметрии), от номинального.
- **Номинальное расположение** определяется номинальными размерами между рассматриваемыми элементами и базами.
- **База** – основная оценка точности расположения поверхностей (обычно элемент детали, относительно которого задается допуск)

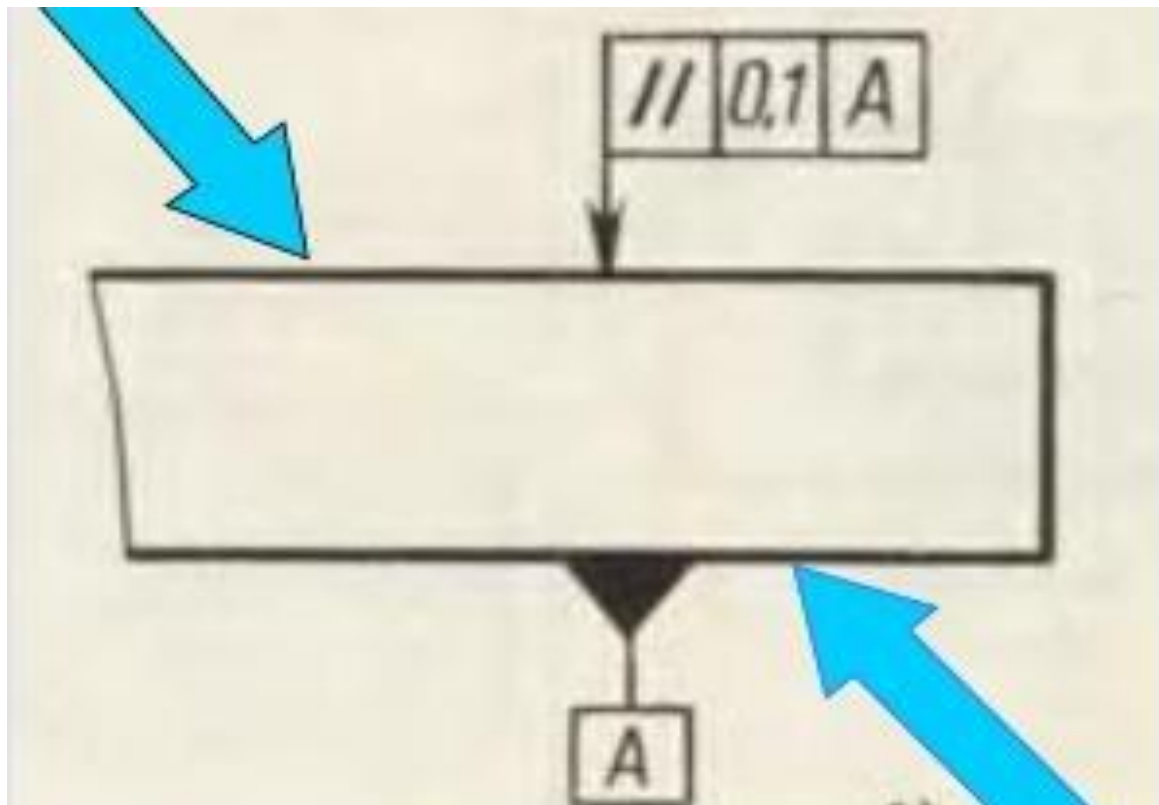
# Отклонение расположения

Это отклонение реального расположения поверхности (оси или плоскости симметрии) от номинального – определяемого номинальными (координирующими) размерами между рассматриваемой поверхностью и базой.

Координирующие размеры задают:

- для плоских поверхностей – непосредственно от них;
- для цилиндрических, конических и других поверхностей вращения, для резьбы и т.п. – от осей или плоскостей симметрии.

## Рассматриваемый элемент



Базовый элемент



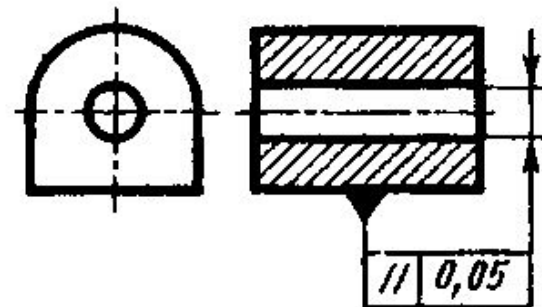
# Базы

- **База** – элемент детали (или выполняющее ту же функцию сочетание элементов), по отношению к которому задается допуск расположения рассматриваемого элемента, а также определяется соответствующее отклонение.
- **Конструкторская база** – поверхность детали, по которой она контактирует с другими деталями в сборочной единице или изделии.
- **Технологическая база** – поверхность детали, по которой она устанавливается в зажимное устройство обрабатывающего станка или относительно которой с помощью указанных размеров определяют положение обрабатывающего инструмента.
- **Измерительная база** – поверхность детали, по которой она устанавливается в измерительном устройстве для определения правильности расположения остальных поверхностей.

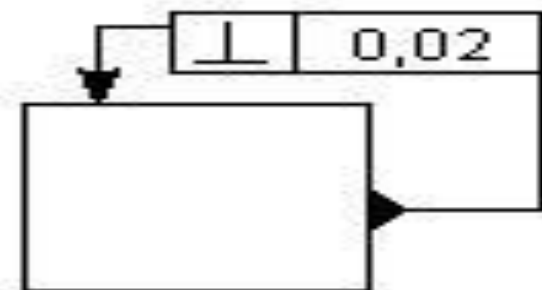
Допуск расположения	Допуск параллельности	
	Допуск перпендикулярности	
	Допуск наклона	
	Допуск соосности	
	Допуск симметричности	
	Позиционный допуск	
	Допуск пересечения осей	



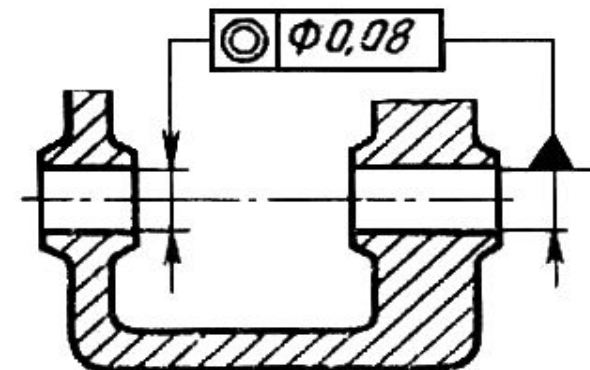
**Допуск  
параллельности**



**Допуск  
перпендикулярности**

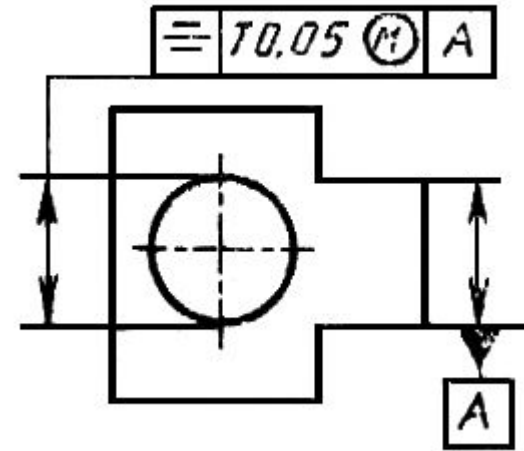


**Допуск соосности**

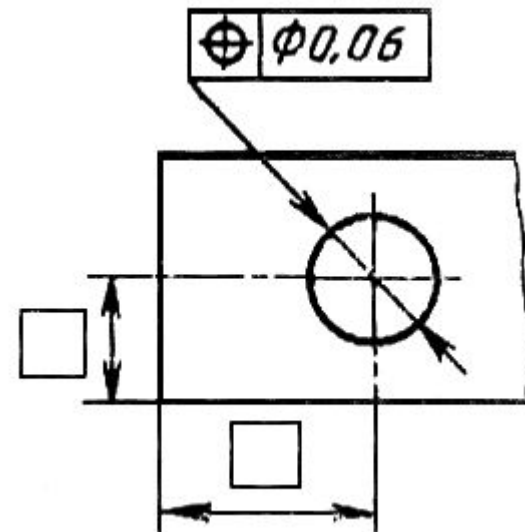




## Допуск симметричности

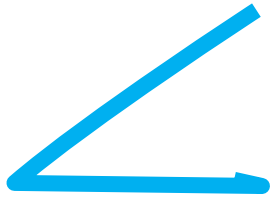
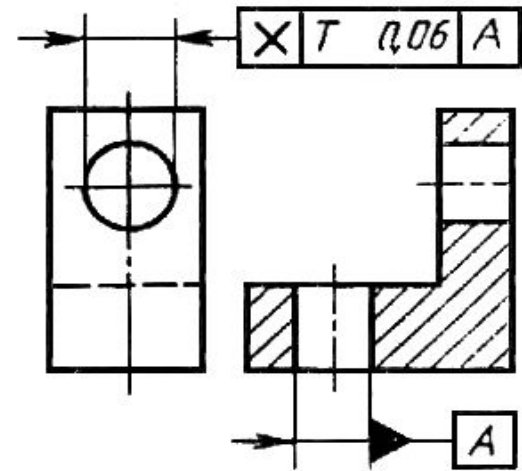


## Позиционный допуск

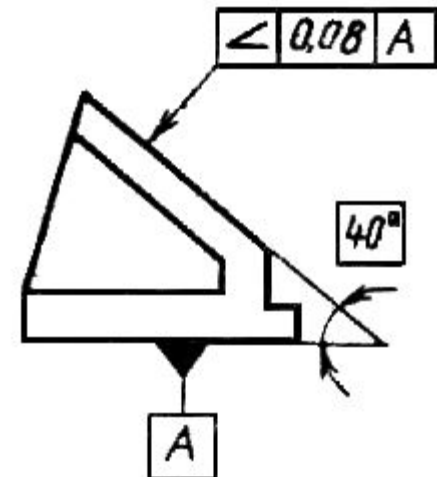








**Допуск пересечения осей**



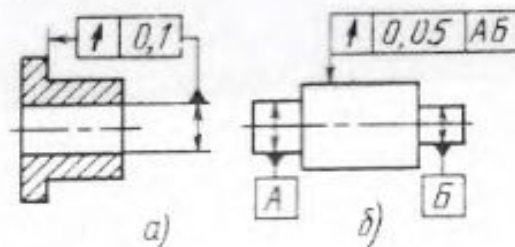
**Допуск наклона**



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	

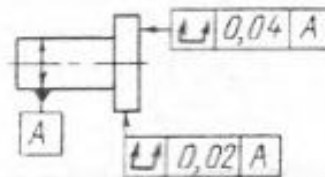
Допуск радиального (торцового) биения и биения в заданном направлении — разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной поверхности до базовой оси (до плоскости, перпендикулярной к базовой оси)

13



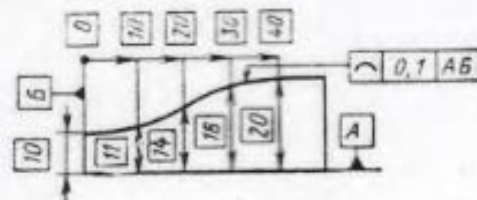
Допуск полного радиального (торцового) биения — разность наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности до базовой оси вращения (до плоскости, перпендикулярной базовой оси)

14



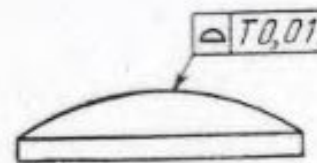
Допуск формы заданного профиля — наибольшее отклонение точек реального профиля от номинального, определяемое по нормали к номинальному профилю

15



Допуск формы заданной поверхности — наибольшее отклонение точек реальной поверхности от номинальной поверхности, определяемое по нормали к номинальной поверхности

16



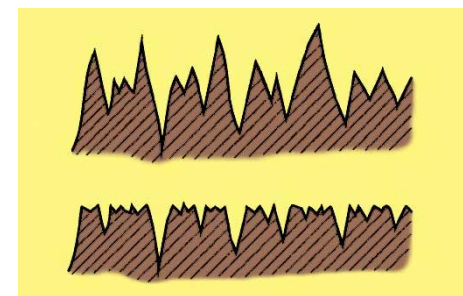
# Зависимый и независимый допуски

- Независимый допуск расположения  $S$  – допуск, числовое значение которого постоянно для всей совокупности деталей, изготавливаемых по данному чертежу, и не зависит от действительного размера нормируемого или базового элемента.
- Зависимый допуск  $M$  – если такая зависимость имеет место.



# Шероховатость поверхностей

- Проектируя машины, конструктор задает не только точность, с какой должны быть выдержаны размеры элемента детали, но и допустимую шероховатость его поверхности, обеспечивающую длительную работоспособность детали. Конструктор также должен также учитывать экономический фактор – чем выше требования к качеству поверхности, тем дороже ее изготовление.
- Если рассмотреть в сильную лупу или под микроскопом (профилометром) поверхность какой-либо детали, то даже на хорошо отполированной поверхности будут заметны микронеровности.
- Совокупность этих неровностей, образующих рельеф поверхности на определенной базовой длине  $l$ , называется **шероховатостью**



- **Шероховатость** – это совокупность неровностей профиля поверхности с относительно малыми шагами в пределах базовой длины.
- **Базовая длина** – длина базовой линии, используемой для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности.

# Параметры и характеристики шероховатости поверхности

Для оценки качества поверхности ГОСТ 2789-73 установил шесть параметров:

- 1) **среднее арифметическое отклонение профиля** (символ  $R_a$ )- среднее арифметическое значение ординат  $u_i$  некоторого количества точек, выбранных на базовой длине;
- 2) **средняя высота неровностей профиля по 10 точкам** (символ  $R_z$ )- сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины;
- 3) **наибольшая высота профиля** (символ  $R_{max}$ );
- 4) **средний шаг неровностей** (символ  $S_m$ );
- 5) **средний шаг по неровностям** (символ  $S$ );
- 6) **относительная опорная длина профиля** (символ  $t_p$ ), определяемая как отношение опорной длины профиля  $\eta_r$  к базовой длине.

# Профилограмма

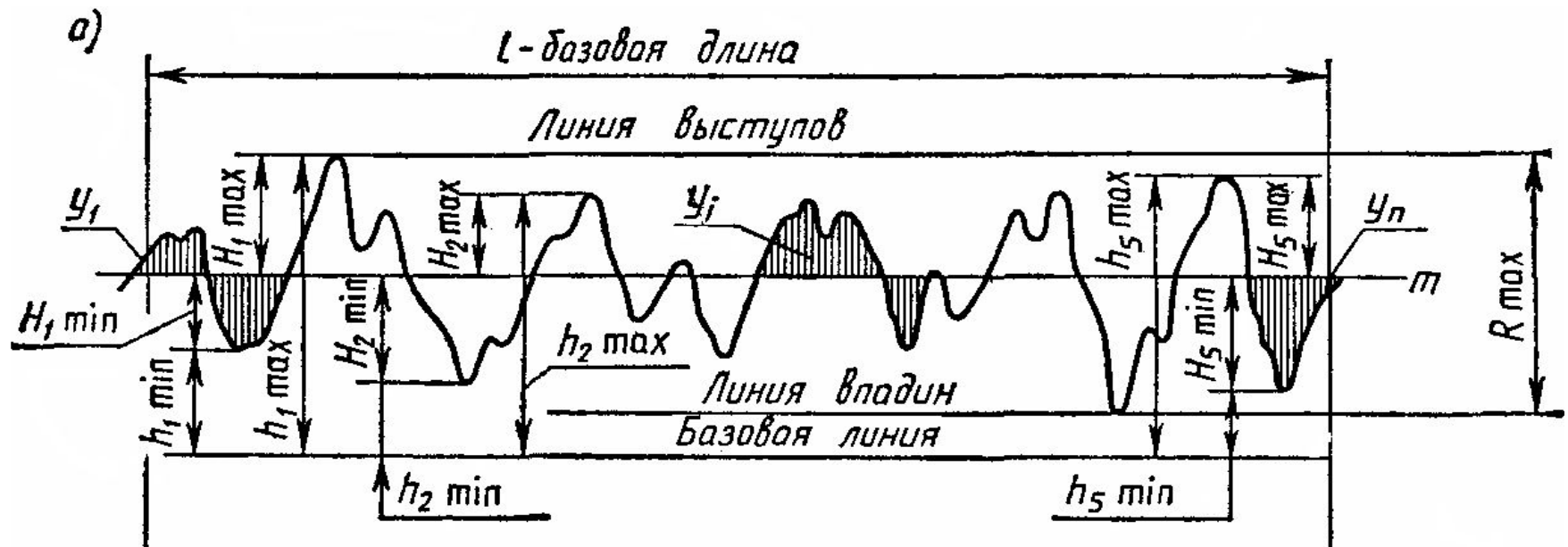


Рисунок 2 – Профилограмма поверхности детали

Среднее арифметическое отклонение профиля (символ  $R_a$ )- среднее арифметическое значение ординат  $y_i$  некоторого количества точек, выбранных на базовой длине

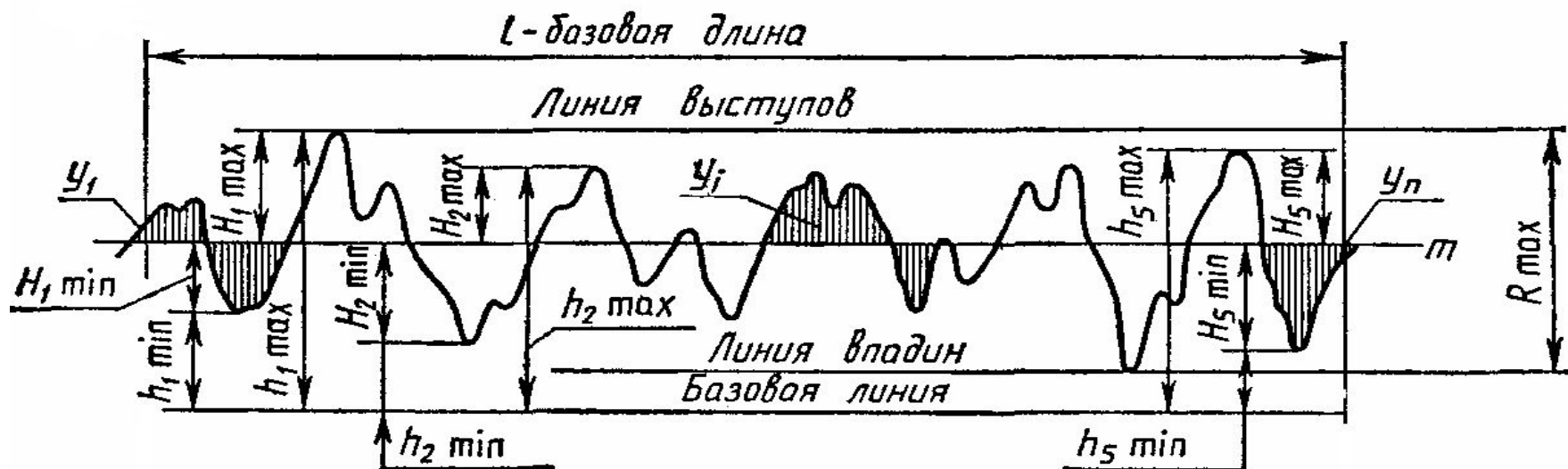
Коккарева Е.С.

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

# Параметр шероховатости **Rz**

Средняя высота неровностей профиля по 10 точкам (символ Rz)- сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины

$$Rz = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 |H_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i \min}| \right), \text{ или}$$
$$Rz = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 h_{i \max} - \sum_{i=1}^5 h_{i \min} \right)$$

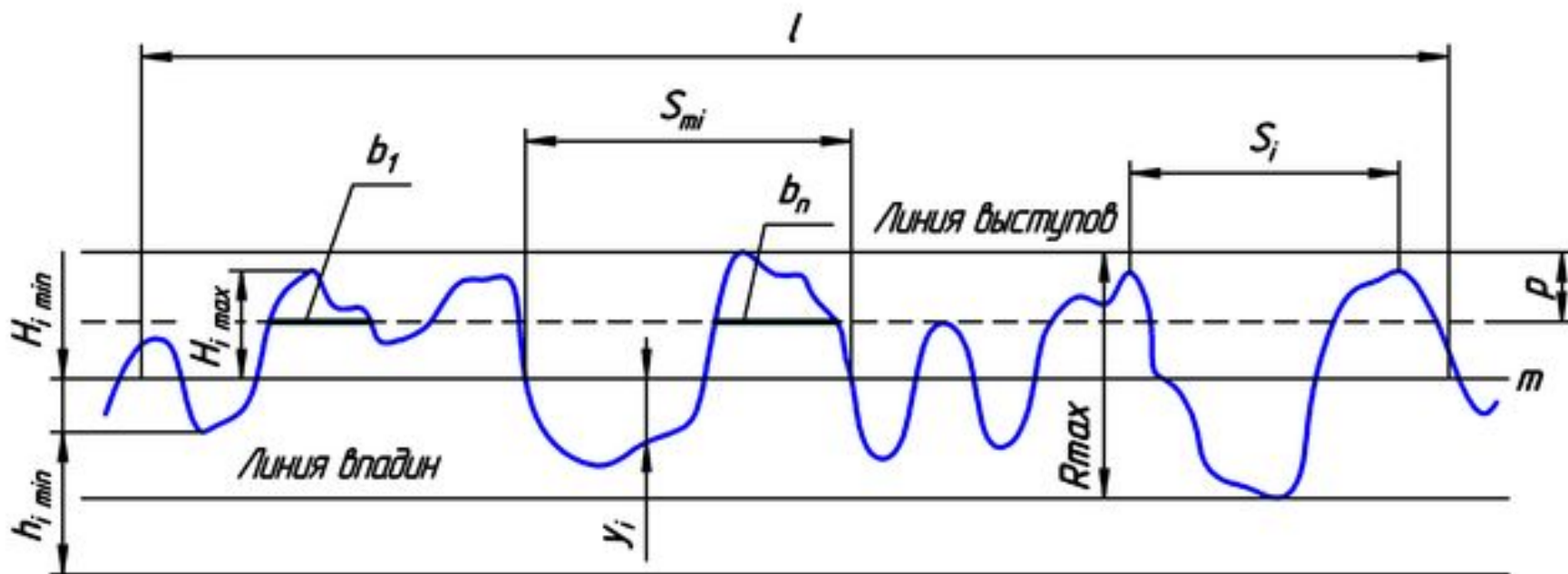


Коккарева Е.С.

14.10.2020

Рисунок 3-Профилограмма

# Наибольшая высота профиля (символ ***Rmax***)



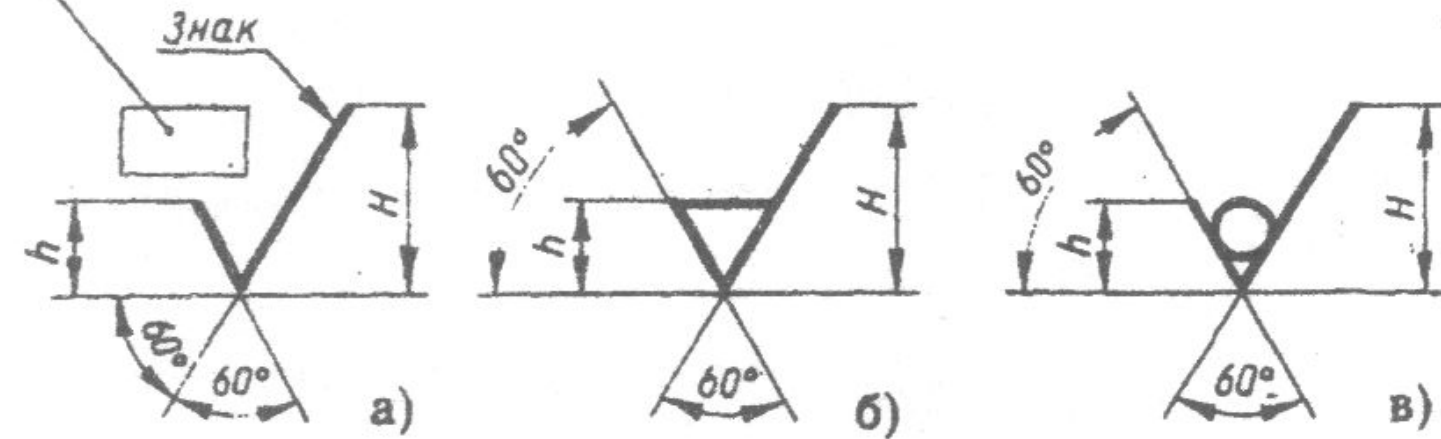
$b_1, b_i, b_n$  – длины отрезков в пределах базовой длины;

$S_i$  – средний шаг неровностей по вершинам;  $S_{mi}$  – средний шаг неровностей

# Нормирование шероховатости поверхности

- Требования к шероховатости поверхности могут нормироваться:
- одним параметром (например, высотным –  $R_a$ ,  $R_z$  или  $R_{max}$  либо шаговым-  $S_m$  или  $S$ , либо относительной опорной длиной профиля  $t_p$ )-  $R_a 0,5$ ;  $R_z 80$  или  $R_{max} 6,3$ ;  $S_m 0,63$ ;  $S 0,032$ ;  $t_p 5070$ \*;
- двумя параметрами (например, одним высотным и одним шаговым или одним из них и параметром  $t_p$ );
- тремя параметрами (одним высотным, одним шаговым и  $t_p$ ).
- \* *Примечание:  $t_p 5070$ - относительная опорная длина профиля  $t_p = 70\%$  при уровне сечения профиля  $p = 50\%$ .*

Параметр шероховатости  
по ГОСТ 2789-73



а) обозначается шероховатость поверхности, вид обработки которой конструктором не устанавливается;

б) обозначается шероховатость поверхности, которая должна быть образована удалением слоя материала;

в) обозначается шероховатость поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала.



# Структура обозначения шероховатости поверхности

- Все сведения о шероховатости располагают согласно структуре обозначения шероховатости по ГОСТ 2.309-73.

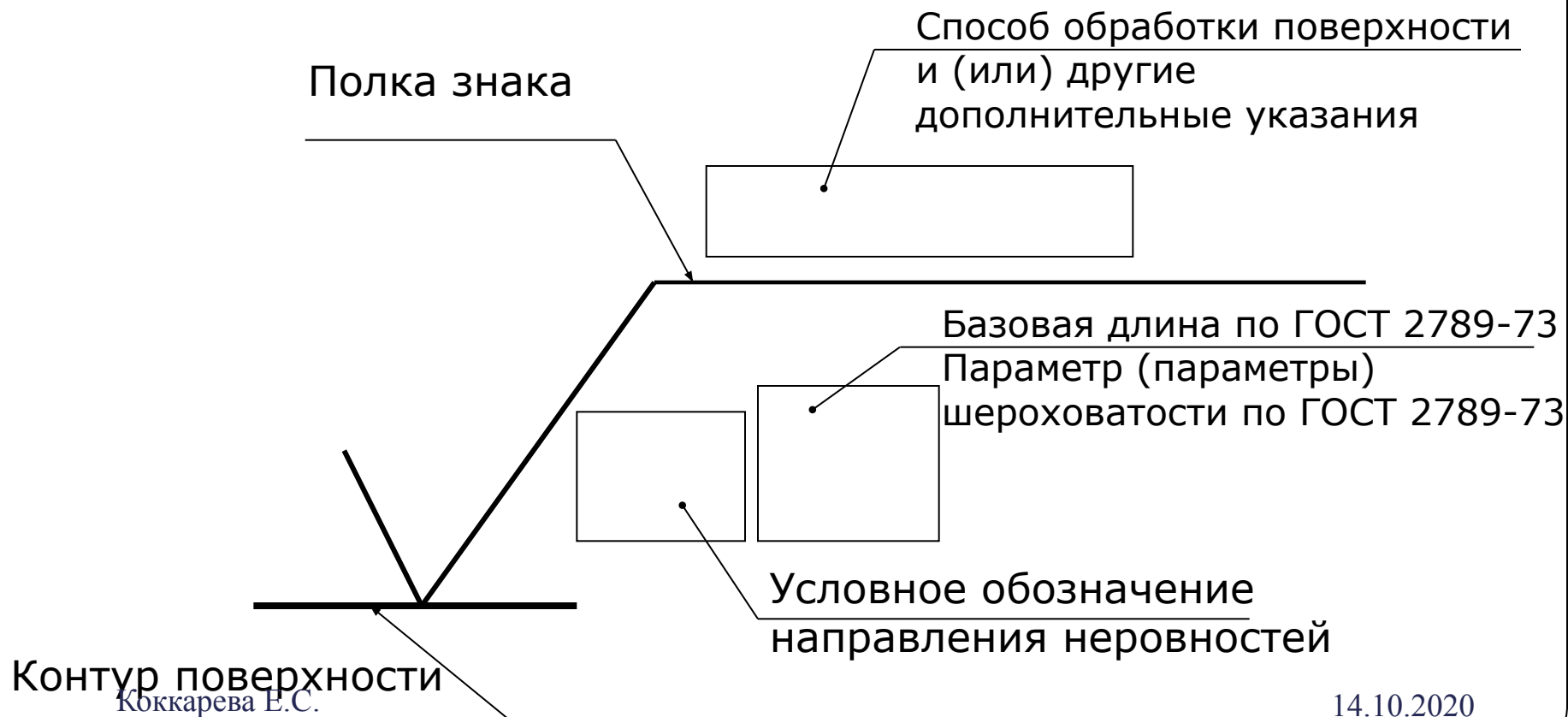


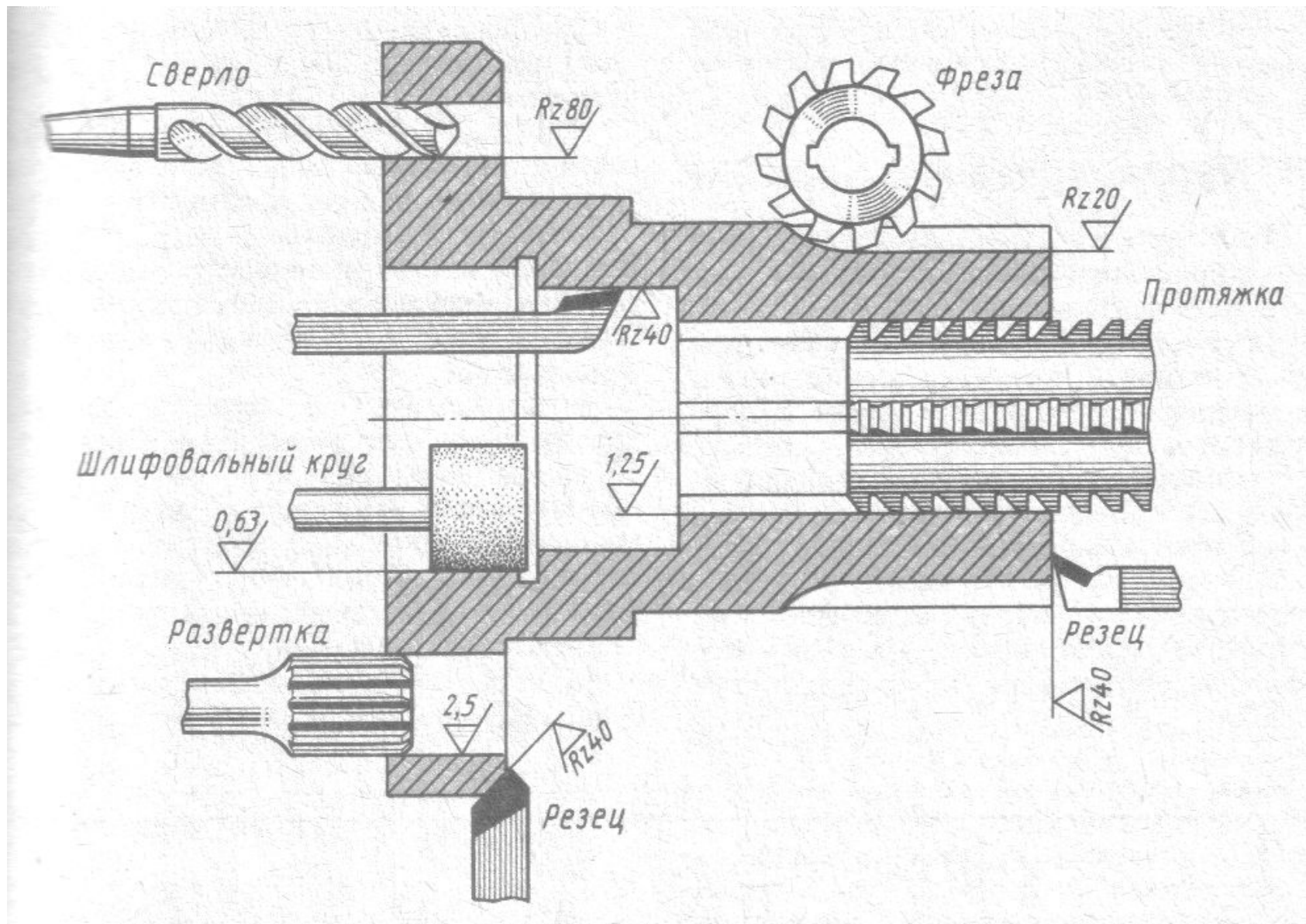
Рисунок 5- Обозначение шероховатости

14.10.2020

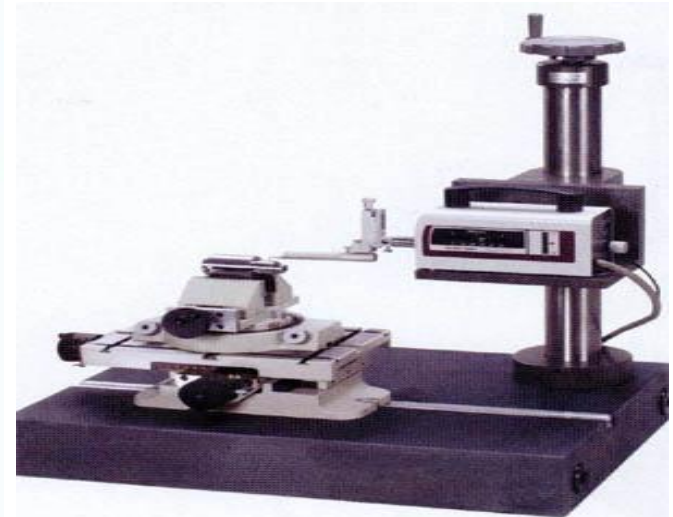
● Обозначение направления неровностей.

Обозначение направления неровностей

Направление неровностей	Схема расположения	Условное обозначение
Параллельное		
Перпендикулярное		
Перекрещивающееся		
Произвольное		
Кругообразное		
Радиальное		



# Приборы оценки шероховатости поверхности



# Измеритель шероховатости поверхности TR-200



Коккарева Е.С.

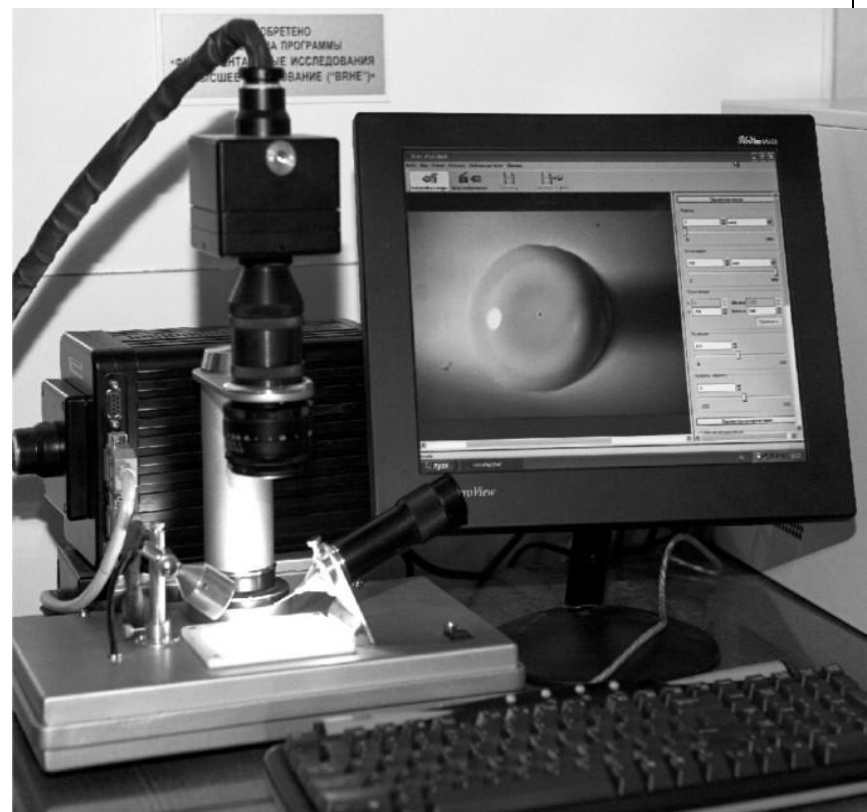
# Измеритель шероховатости поверхности TR210



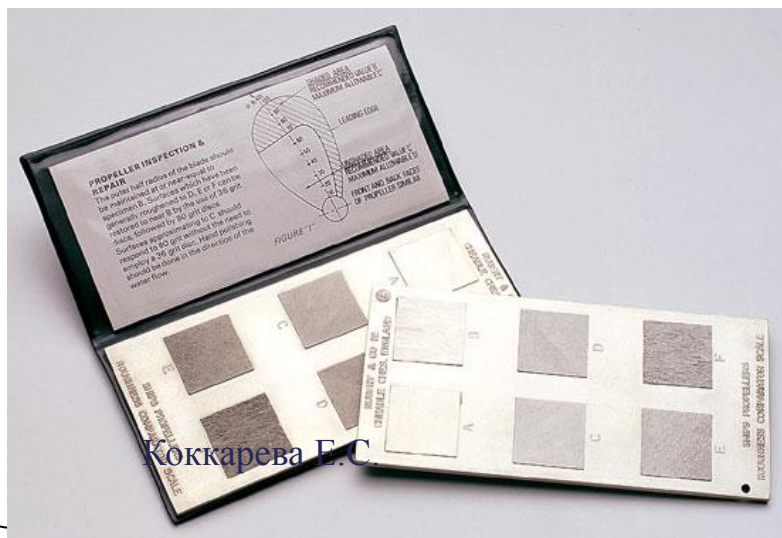
14.10.2020

Измеритель шероховатости T-1000

# Измерительные комплексы для оценки шероховатости поверхности



# Набор образцов шероховатости поверхности



# Эталон шероховатости поверхности **GRIT**, **SHOT**





# Задание для самостоятельной работы

- Ознакомиться с ГОСТ 25346-89 и ГОСТ 25347 – 82
- Подготовиться к контрольной работе

# Использованные источники

- ГОСТ 6507-90. Микрометры. Технические условия. (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 25.01.1990 N 86) (ред. от 01.10.1992) – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004
- ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76). Штангенциркули. Технические условия. (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 30.10.1989 N 3253) (ред. от 01.10.1992) – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003
- ГОСТ 25346-89. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 11.04.1989 N 983) – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001
- РМГ 29-2013. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. (введены в действие Приказом Росстандарта от 05.12.2013 N 2166-ст) – М.: Стандартинформ, 2014
- Схиртладзе А. Г., Радкевич Я. М. Метрология, стандартизация и технические измерения: учебник / А. Г. Схиртладзе, Я. М. Радкевич. — Старый Оскол: ТНТ, 2010. — 420 с.