



Государственные научные метрологические институты

ФГУП «ВНИИМ им Д.И. Менделеева» — 53

ФГУП «ВНИИФТРИ» — 45

ФГУП «ВНИИОФИ» — 23

ФГУП «УНИИМ» — 9

ФГУП «ВНИИМС» — 8

ФГУП «ВНИИР» — 7

ФГУП «СНИИМ» — 5

Центры стандартизации и метрологии Росстандарта — 344

Метрологическая служба Минобороны России — 56

Рабочие средства измерений
(более 1,5 млрд)

Первичный эталон — эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей в стране (по сравнению с другими эталонами той же единицы) точностью. Первичные эталоны — наиболее точные из всех видов эталонов данной единицы, служащие для ее воспроизведения в наиболее благоприятных условиях.

Специальный эталон — эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы в особых условиях и заменяющий для этих условий первичный эталон.

Государственный первичный эталон (государственный эталон) — первичный эталон, официально утвержденный Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии в качестве исходного на территории государства.

Эталон сравнения — эталон, применяемый для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличены друг с другом (находятся в различных органах и их нельзя транспортировать). По метрологическому назначению эталоны сравнения относятся к вторичным эталонам.

Вторичный эталон — эталон, получающий размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы.

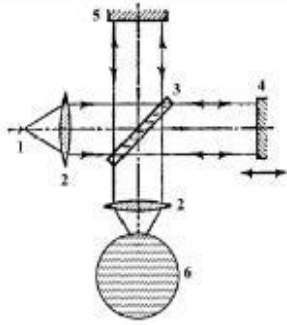
В зависимости от числа средств измерений, входящих в эталон, различают:

- *одиночный эталон* — эталон, в составе которого имеется одно средство измерений (мера, измерительный прибор, эталонная установка) для воспроизведения и (или) хранения единицы;
- *групповой эталон* — эталон, в состав которого входит совокупность средств измерений одного типа, номинального значения или диапазона измерений, применяемых совместно для повышения точности воспроизведения единицы или ее хранения.

Международный эталон — эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными стандартами.

Рабочий эталон — эталон, предназначенный для передачи размера единицы рабочим средствам измерений.

Величина	Обозначение размерности	Единица		
		Наимено- вание	Обозначение	
			русское	междуна- родное
Длина	L	метр	м	m
Масса	M	килограмм	кг	kg
Время	T	секунда	с	s
Сила электрического тока	I	ампер	A	A
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	K	K
Количество вещества	N	моль	моль	mol
Сила света	J	кандела	кд	cd



1 — источник света — газоразрядная лампа или лазер; 2 — линзы; 3 — полупрозрачное зеркало; 4 — подвижное зеркало; 5 — неподвижное зеркало; 6 — картина интерференции



Современный эталон метра

Весной 1799 года появился официальный эталон длины. Но из-за небольшой ошибки в промерах и сложной формы земного шара метр оказался приблизительно на 0,2 мм короче своей планируемой величины (временный метр 1793 года был точнее!). Изготовление эталонов из платиновых брусков сечением 25,3 * 4 мм опять поручили Ленуару. 22 июня 1799 года самый лучший из них (ошибка не превышала 0,001%) в торжественной обстановке сдали на хранение в Республиканский архив.

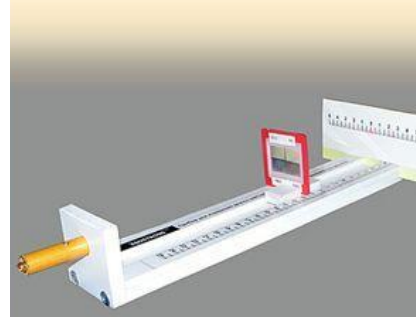
Оптическая схема интерферометра Майкельсона, принцип построения которого положен в основу эталона единицы длины системы СИ — метра.

В октябре **1983** года Интернациональный комитет мер и весов (**CIPM**) опубликовал рекомендации ввести **новый эталон метра**. В них предлагалось использовать для определения метра путь, проходимый светом в вакууме или длину волны определенного излучения.



метр, м: Метр есть длина пути, пройденного светом в вакууме за интервал времени $1/299\,792\,458$ доли секунды.

Из этого следует, что скорость света в вакууме равна $c_0 = 299\,792\,458$ м/с точно.



Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки

В том же году 17-я Генеральная конференция по мерам и весам приняла определение **метра** как **расстояния, проходимого в вакууме плоской электромагнитной волной за $1/299\,792\,458$ долю секунды**. Точность нового эталона метра $\sim 10^9 - 10^{11}$

Эталон массы



Эталон изготовлен из сплава иридия и платины.
Международный эталон
Хранится в г. Севре (Франция)
В России, копия хранится в институте метрологии Д.И. Менделеева (Санкт-Петербург)
С международного эталона сделано более 40 копий!



Килограмм, единица массы, одна из семи основных единиц Международной системы единиц (СИ). Он равен массе международного прототипа, хранимого в Международном бюро мер и весов. Прототип в 1799 году был выполнен в виде цилиндрической гири из платины.

В 1889 году было принято существующее определение килограмма и в качестве международного прототипа была утверждена гиря со знаком К ("К" готическое заглавное), изготовленная из платиноиридиевого сплава (10% Ir) и имеющая форму цилиндра диаметром и высотой 39 мм".

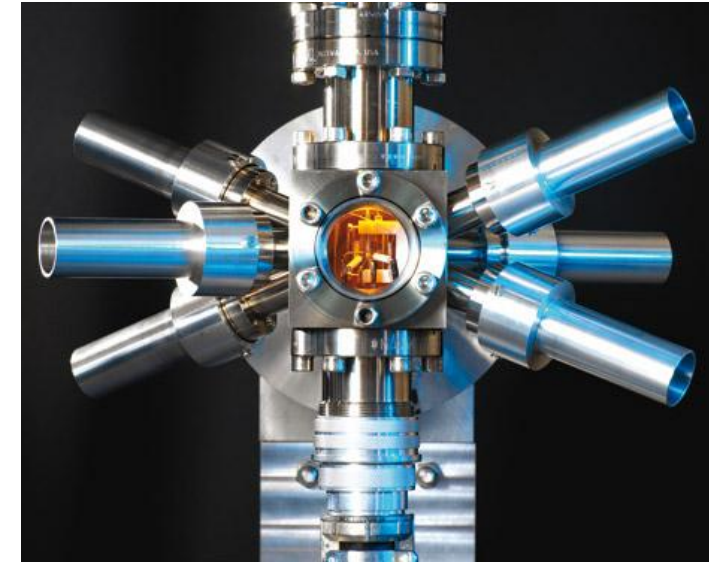
килограмм, кг: Килограмм есть единица массы, равная массе международного прототипа килограмма.

Из этого следует, что масса международного прототипа килограмма $m(K)$ всегда равна 1 кг точно.

Стронциевые часы. В перекрестье шести лазерных лучей образуется оптическая ловушка, удерживающая ионы стронция, которые излучают на частоте 429 терагерц (красный свет).



За единицу времени принята *секунда*, равная 9.192.631.770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.



секунда, с: Секунда есть длительность 9 192 631 770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Из этого следует, что сверхтонкое расщепление атома цезия-133 в основном состоянии, равно 9 192 631 770 Гц точно.

ампер, A: Ампер есть сила постоянного тока, который при прохождении по двум строго параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 метра один от другого, вызвал бы между этими проводниками на участке проводника длиной 1 метр силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ ньютона.

Из этого следует, что магнитная постоянная μ_0 (известная также как магнитная проницаемость в вакууме) равна точно $4\pi \cdot 10^{-7}$ Н/м.

Ампер - сила тока, который, проходя по двум прямолинейным параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого сечения, расположенным на расстоянии 1 метра в вакууме



Заряд, протекающий через данное поперечное сечение проводника в единицу времени, характеризует **силу тока**. Силу тока в цепи измеряют специальным прибором - **амперметром**.

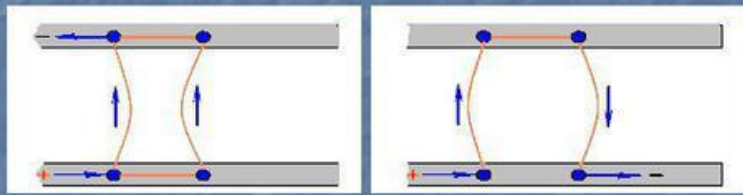


Схема включения: амперметр включается в электрическую цепь **последовательно** с элементом, в котором он измеряет силу тока.



АМПЕР Андре Мари (22.I.1775 - 10.VI.1836) французский физик, математик и химик

Амперметр - электрический прибор для измерения **силы тока**.



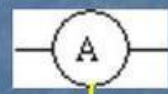
Амперметр лабораторный



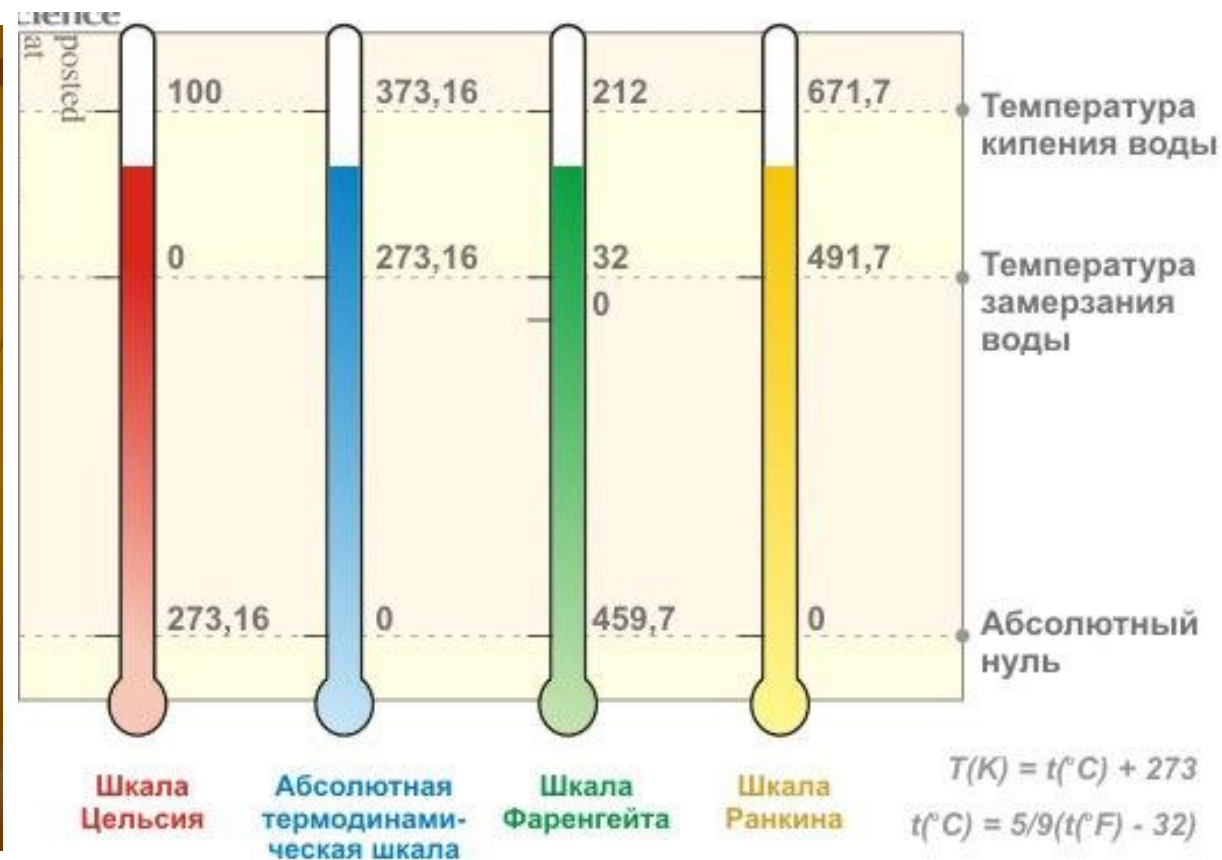
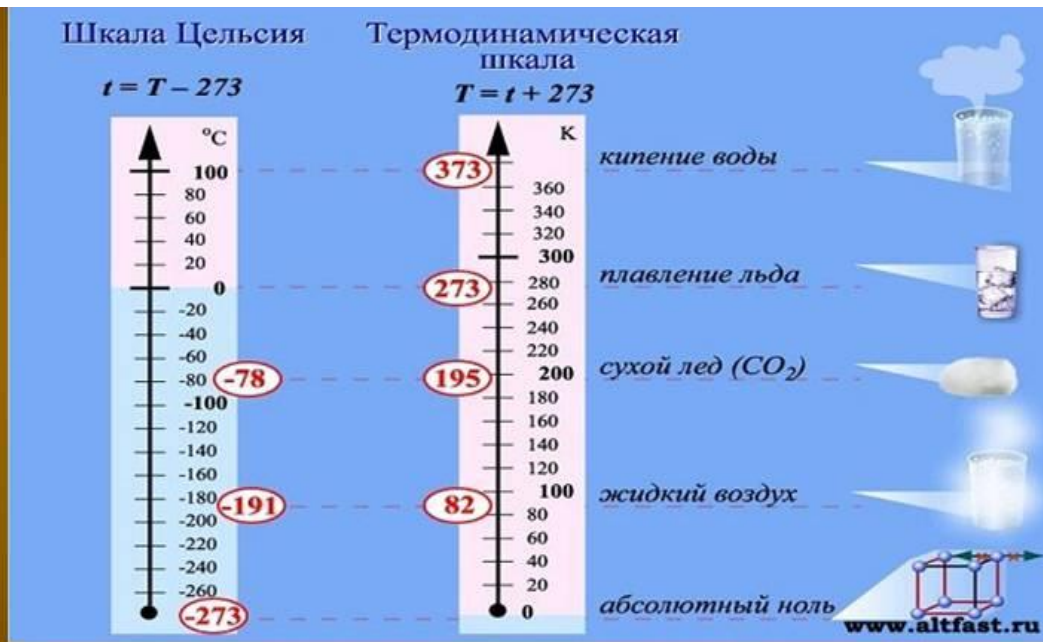
Амперметр технический



Амперметр демонстрационный



Условное обозначение на схемах



Единицей термодинамической температуры является **кельвин** – температура, при которой три фазы воды – парообразная, жидкая и твердая – находятся в динамическом равновесии.

кельвин, K: Кельвин есть единица термодинамической температуры, равная 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды.

Из этого следует, что термодинамическая температура тройной точки воды, T_{tpw} , равна точно 273,16 K.

МОЛЬ, МОЛЬ:

Моль есть количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 килограмма.

При применении моля должны быть определены структурные элементы, которыми могут быть отдельные атомы, молекулы, ионы, электроны, другие частицы или определенные группы таких частиц.

Из этого следует, что молярная масса углерода-12, $M(^{12}\text{C})$, равна точно 12 г/моль.



За эталон количества вещества принят *моль* - количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов частиц, сколько атомов содержится в 12 г углерода-12 (1 моль углерода имеет массу 12 г, 1 моль кислорода - 32 г, а 1 моль воды - 18 г).





Эталон единицы света – *кандела* - представляет собой силу света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср.

кандела, кд: Кандела есть сила света в данном направлении от источника, испускающего монохроматическое излучение с частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, интенсивность излучения которого в этом направлении составляет $1/683$ ватт на стерадиан.

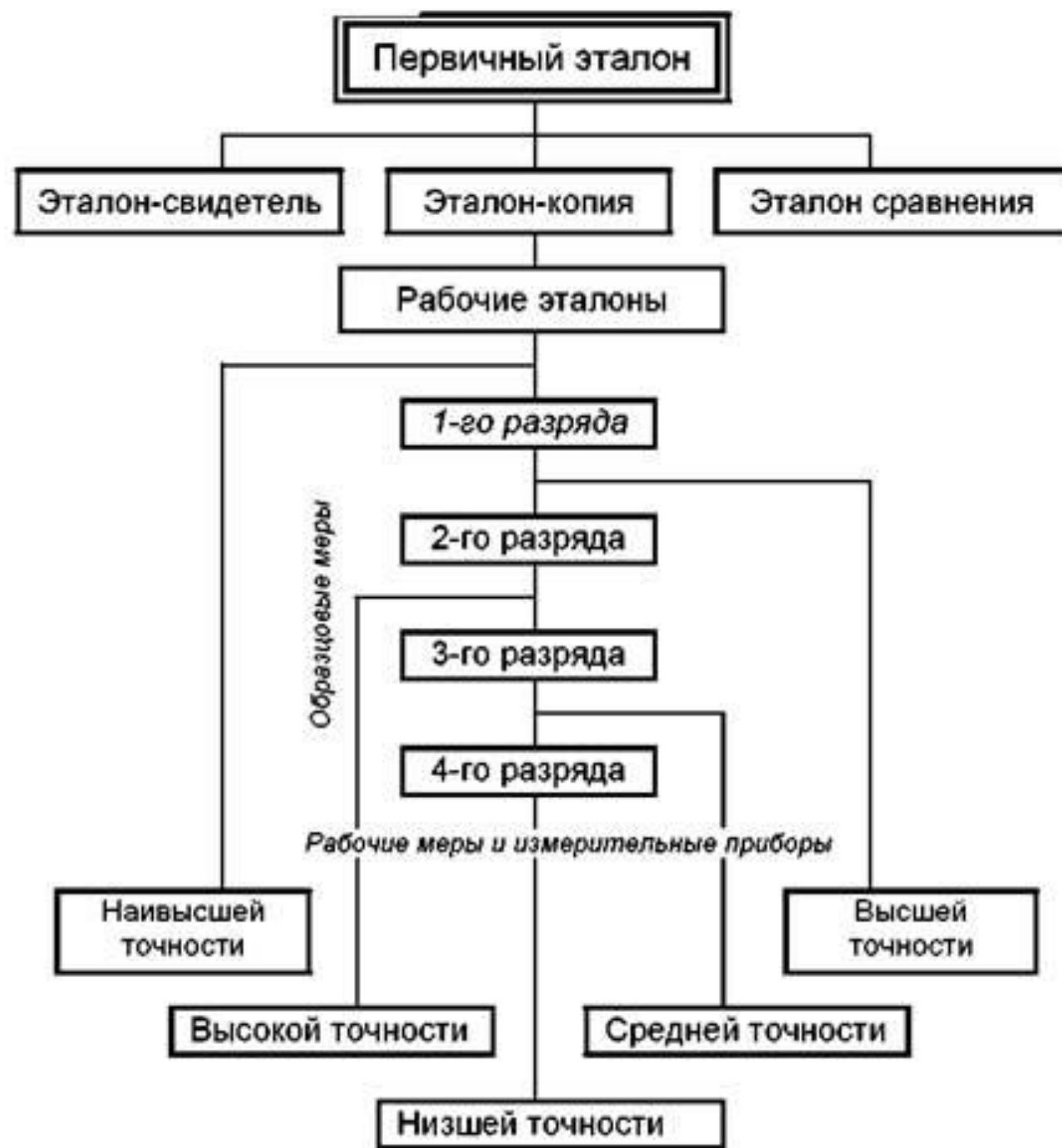
Из этого следует, что спектральная сила света, K , для монохроматического излучения с частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц равна 683 лм/ватт точно.



Иерархическая схема объектов измерения

Цель измерения может быть достигнута (решена измерительная задача) только в том случае, если для выполнения измерений будут созданы определенные условия. К ним относятся:

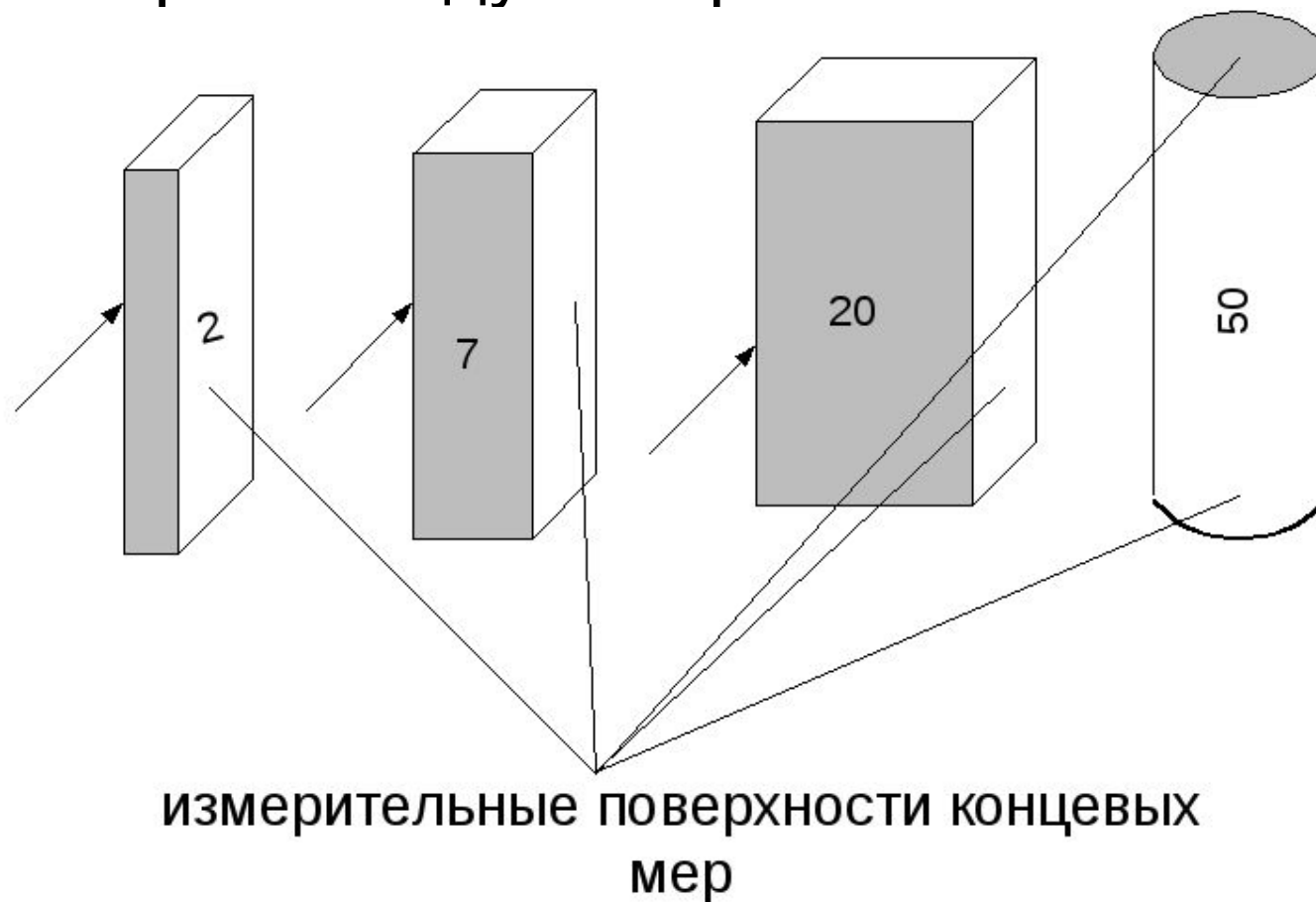
- возможность выделения измеряемой величины среди других величин;
- возможность установления единицы, необходимой для измерения выделенной величины;
- возможность материализации (воспроизведения и хранения) установленной единицы применяемыми техническими средствами;
- возможность сохранения неизменным размера единицы измеряемой величины (в пределах приписанной точности) как минимум на срок, необходимый для выполнения измерения.



- **Средство измерений** – техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу ФВ, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.
- **Меры физической величины** предназначены для воспроизведения и (или) хранения ФВ одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

Различают однозначные и многозначные меры, а также наборы и магазины мер.

Концевая мера длины (КМД, меры концевые плоскопараллельные, плитки Йогансона) — образцовая мера длины (эталон) от 0,5 мм до 1000 мм, выполненная в форме прямоугольного параллелепипеда или круглого цилиндра, с нормируемым размером между измерительными плоскостями.



- В соответствии с ГОСТ 9038-73 плоскопараллельными концевыми мерами называют меры в форме прямоугольных параллелепипедов или круглых цилиндров с двумя плоскими параллельными измерительными плоскостями.
- Согласно российским стандартам КМД делятся на **образцовые** меры длины и **рабочие** меры длины. Для образцовых мер указывается разряд, для рабочих — класс точности.
- ✓ образцовые КМД предназначены для поверки измерительного инструмента и рабочих КМД. Допустимые отклонения размеров и другие требования к образцовым КМД указаны в МИ 1604-87;
- ✓ рабочие КМД предназначены для задания размеров при слесарных работах.
- По ГОСТ 9038-73 плитки выпускаются с градациями размеров через 0,001; 0,01; 0,1; 0,05; 10; 25; 50; 100 и 1000 мм и комплектуются в 15 различных наборов с содержанием от 2-х до 112 плиток.

Основные наборы: №1 – 83 меры, №3 – 112 мер, №14 - 42 меры

Главным предназначением является сохранение и передача единицы длины.

Концевыми мерами проверяют, калибруют или устанавливают на размер средства измерений (СИ).

В случае когда нет необходимой длины концевой меры из набора, можно сложить в блок *до пяти* концевых мер для получения необходимого размера, путём «притирания» мер друг к другу до состояния, когда меры не распадаются (слипаются).

Рекомендуется для размеров до 100 мм использовать не более 4-х мер.

Доверительная погрешность измерений длины при доверительной вероятности 0,99 не должна превышать для разряда, мкм:

1-го +/- (0,02 + 0,2L);

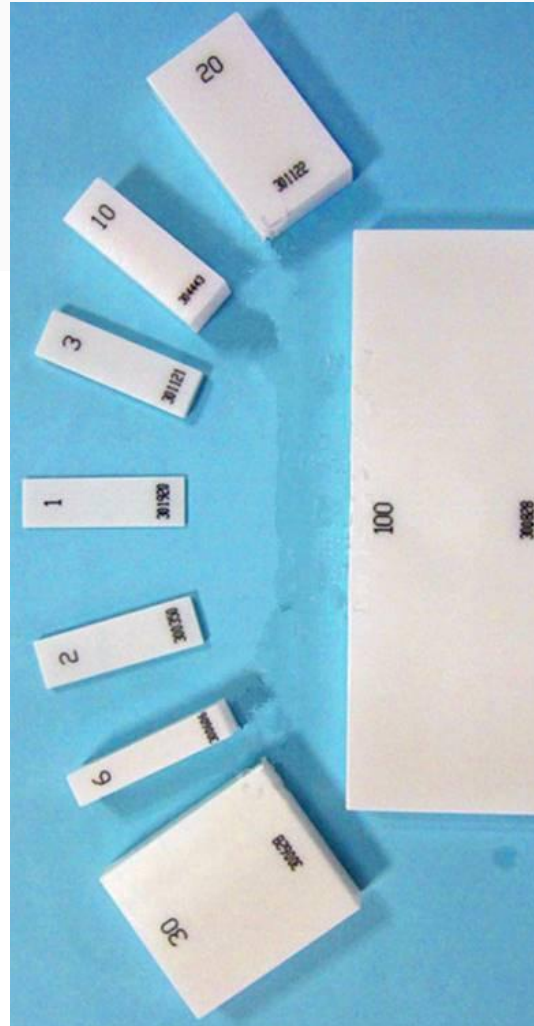
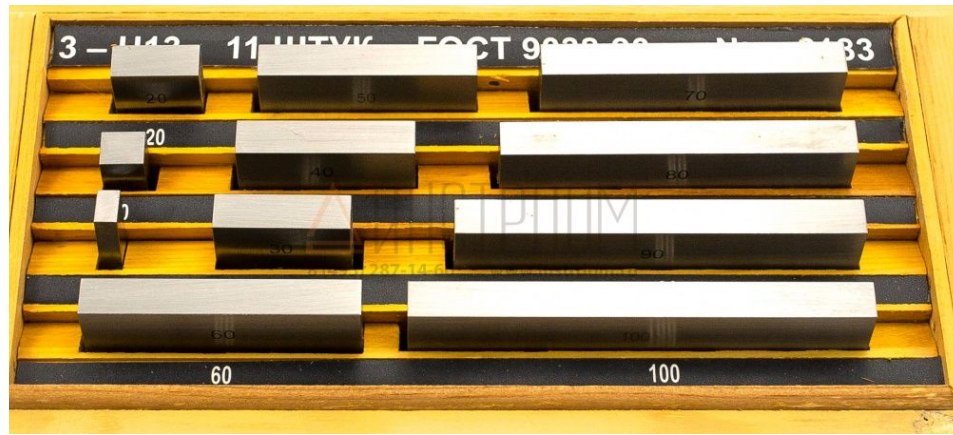
2-го +/- (0,05 + 0,5L);

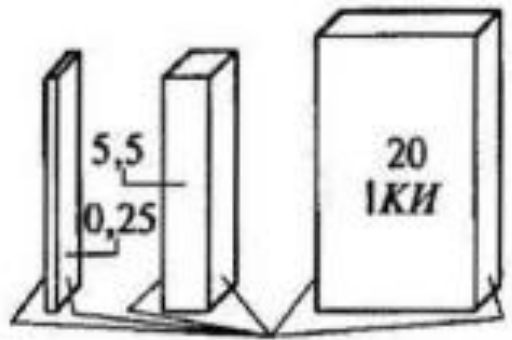
3-го +/- (0,1 + 1L);

4-го +/- (0,2 + 2L);

5-го +/- (0,5 + 5L),

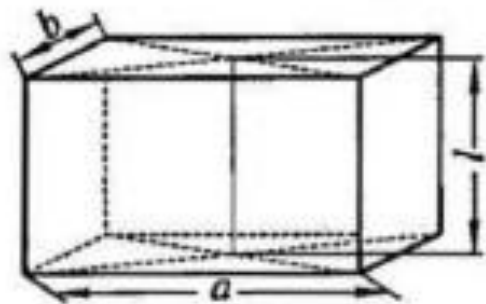
где L - длина концевой меры, м.





Измерительные поверхности
концевых мер

a



б



в

Дан размер 32,685 мм, необходимо рассчитать блок концевых мер.

Решение:

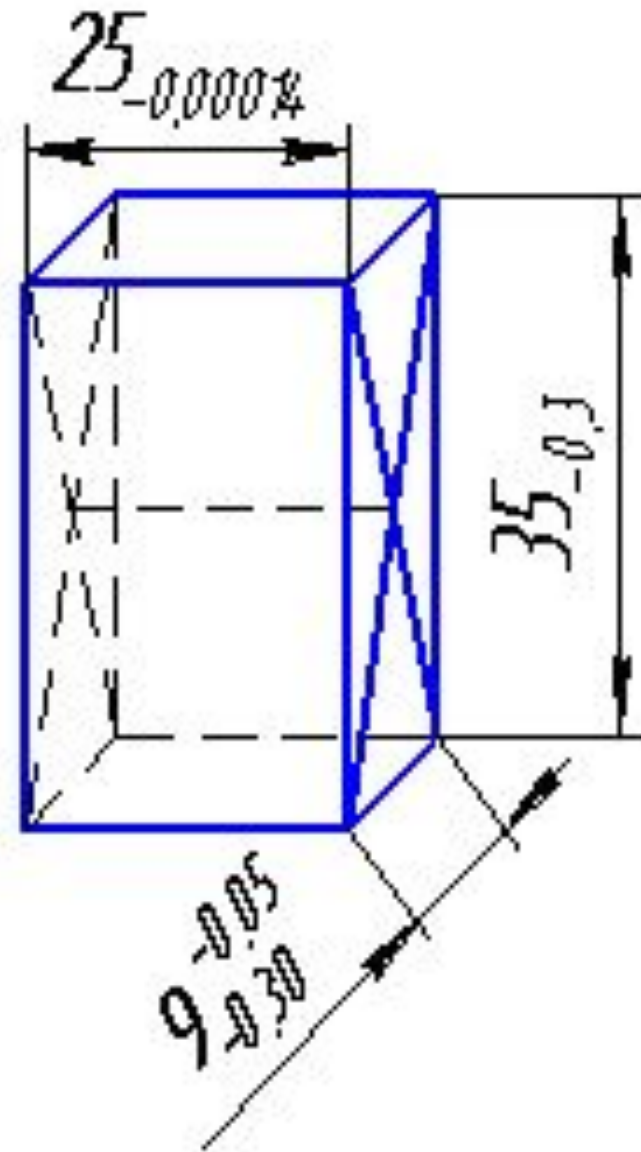
1-я мера: 1,005 мм \rightarrow $32,685 - 1,005 = 31,68$ мм;

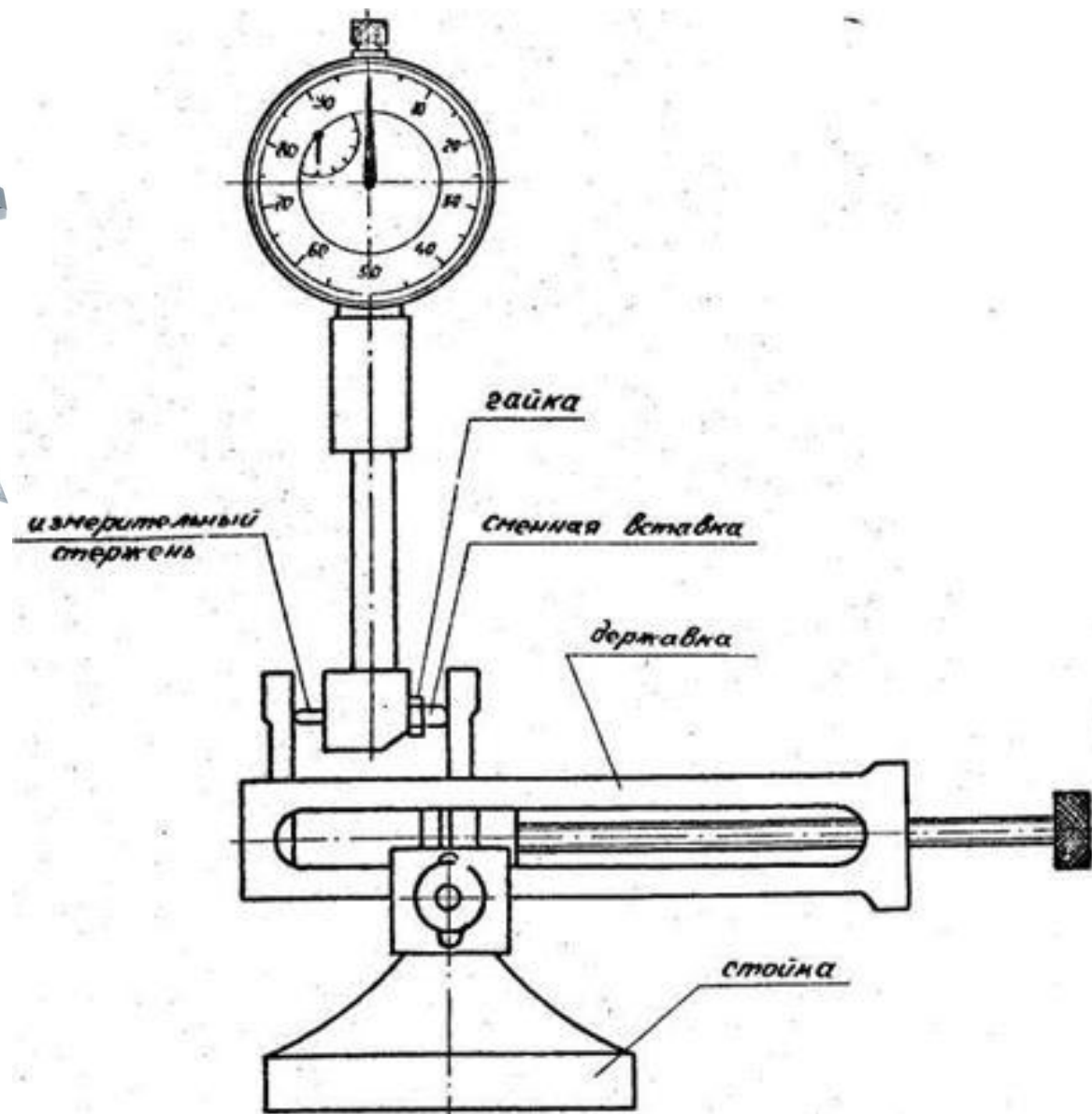
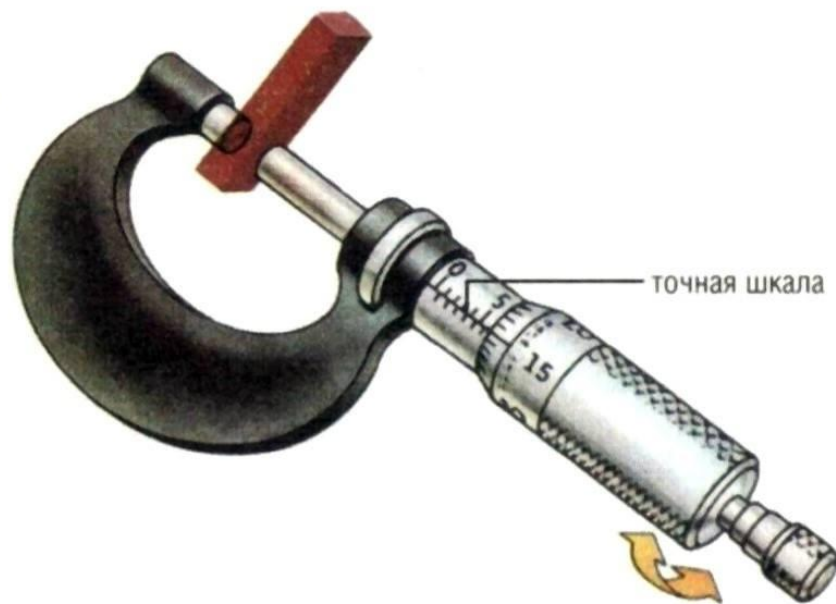
2-я мера: 1,18 мм \rightarrow $31,68 - 1,18 = 30,5$ мм;

3-я мера: 0,5 мм \rightarrow $30,5 - 0,5 = 30$ мм;

4-я мера: 30 мм.

Наш блок: $30 + 0,5 + 1,18 + 1,005 = 32,685$ мм.

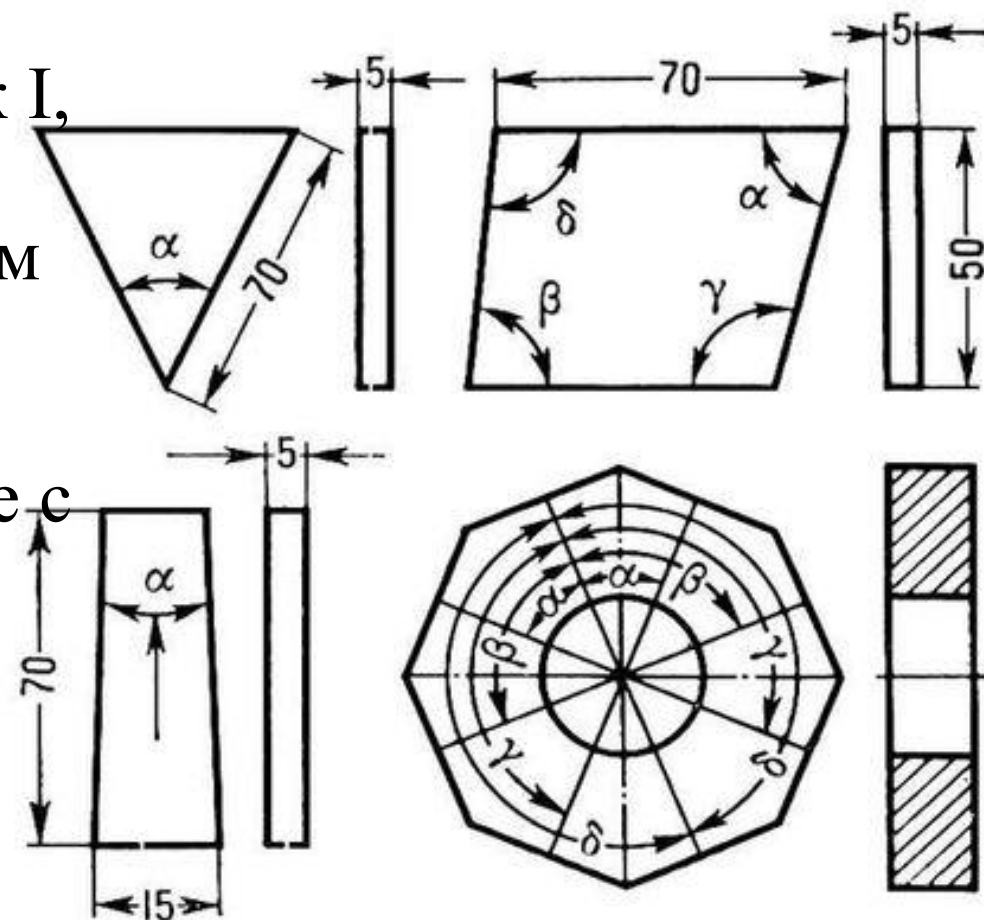




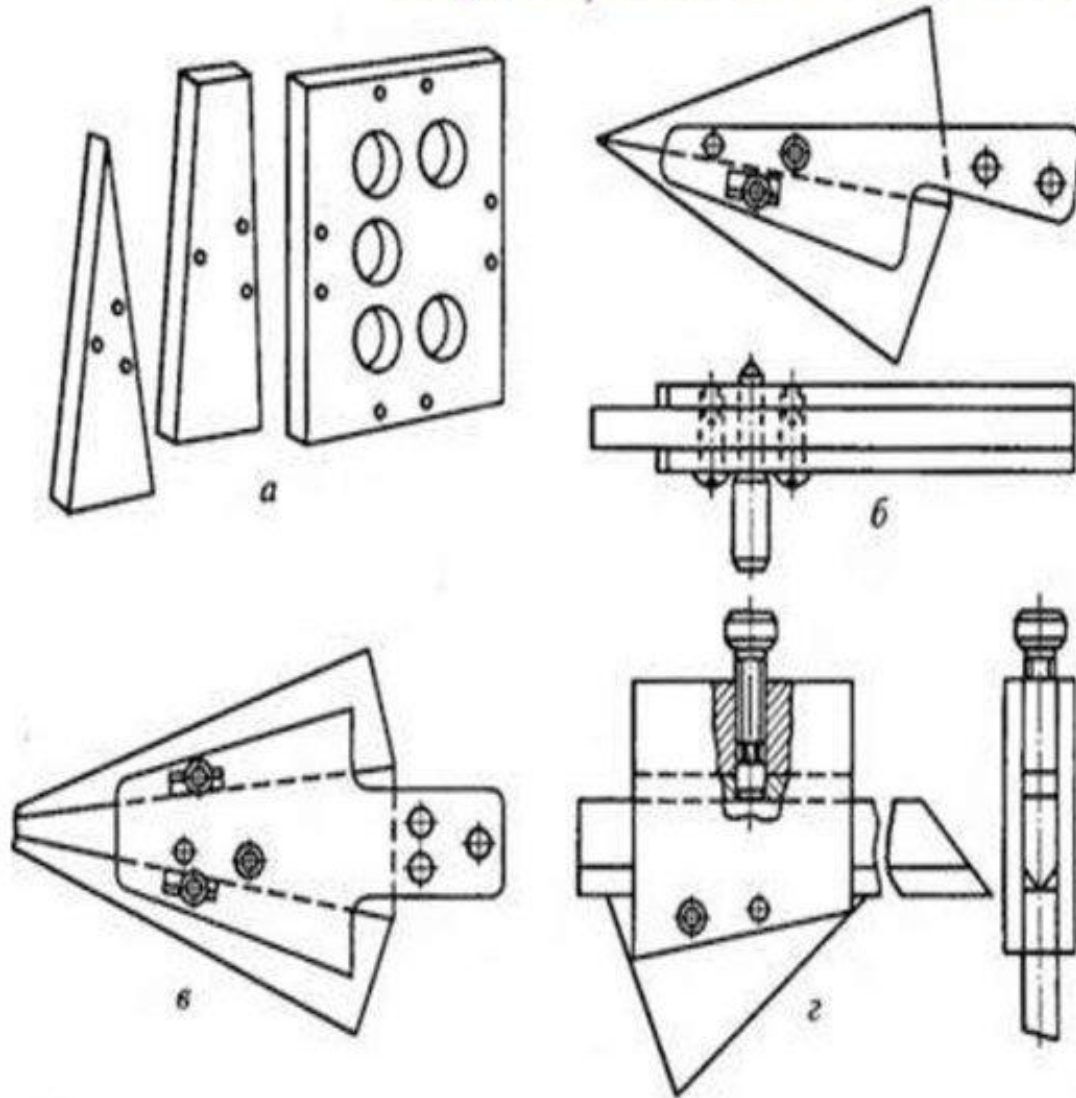
Меры угловые призматические

предназначены для контроля наружных и внутренних углов инструментов, угловых шаблонов и углов изделий.

Угловые меры изготавливаются из закаленной высококачественной стали и поставляются наборами, комплектуемыми из угловых плиток I, II и III типов, соответственно с одним рабочим углом со срезанной вершиной, с одним рабочим углом остроугольные и с четырьмя рабочими углами. У кромок рабочих поверхностей угловых мер имеются отверстия, через которые с помощью набора принадлежностей осуществляется соединение угловых мер в блоки. Углы измеряются как отдельными плитками, так и собранными в блоки.



Конструкции угловых призматических мер



Угловые плитки
обладают свойством
притираемости.
Блоки состояются
как концевые меры
длины. Державки
используются для
сборки блоков.

Меры угловые служат для воспроизведения углов заданных размеров. М.у. бывают однозначные и многозначные. К однозначным М.у. относятся угловые плитки, к многозначным — многогранные призмы, лимбы и круговые шкалы. Угловые плитки представляют собой стальные плитки толщиной 5 мм с одним или четырьмя двугранными углами, образованными боковыми поверхностями плитки. Плитки с рабочими углами от 1' до 100° комплектуются в наборы из 93, 33 и менее мер с таким расчётом, чтобы из 3—5 мер можно было составлять блоки с интервалами через 1°, 1' или 15". Для соединения угловых плиток в блоки служат специальные державки. Угловые плитки изготовляют 3 классов точности: 0; 1; 2 с погрешностями до 3" (для класса 0) и до 30" (для 2-го класса).

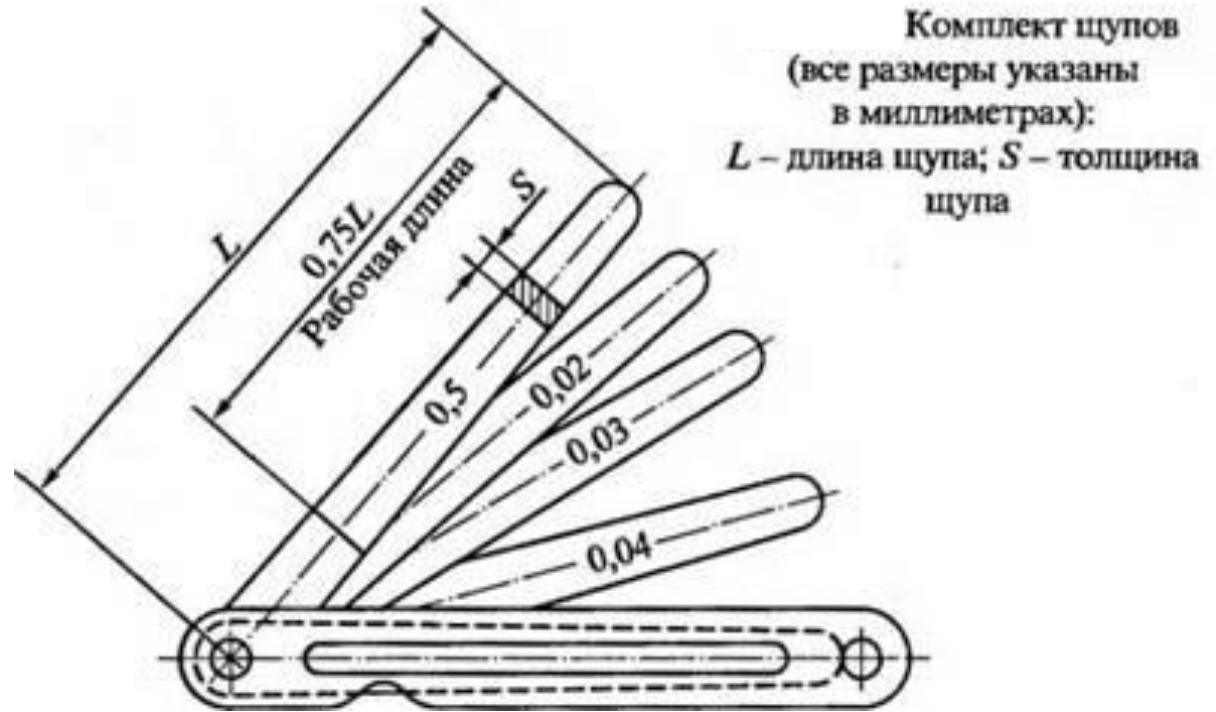
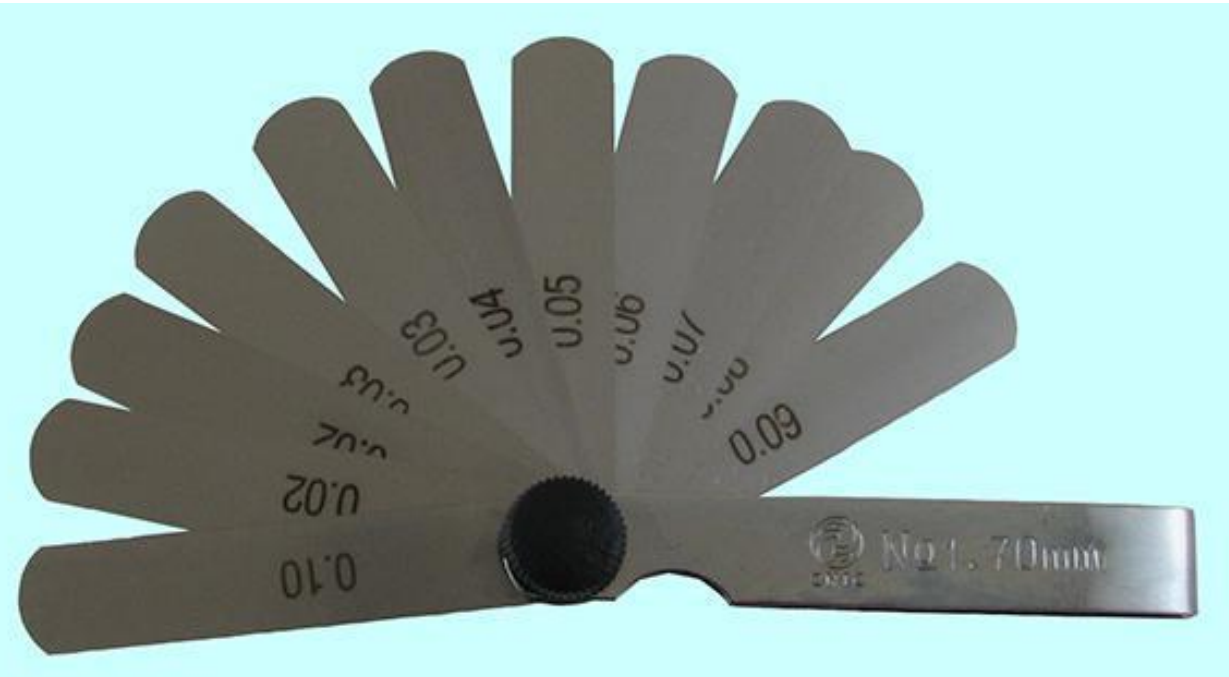
- **Контроль** – процедура оценивания соответствия путем наблюдения и выработки заключения, сопровождаемых соответствующими измерениями, испытаниями и калибровкой (согласно ИСО/МЭК-2).
- **Технический контроль** – проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям (согласно ГОСТ 16504).
- Под **объектом** понимается как продукция, подвергаемая контролю, так и процессы ее создания, применения, транспортирования, хранения, технического обслуживания и ремонта, а также техническая документация.
- **Контроль** – нахождение информации о фактическом состоянии объекта и сопоставление ее с заранее установленными требованиями, нормами, критериями, т.е. установление соответствия или несоответствия фактических данных требуемым.

Калибрами называются средства контроля, служащие для проверки соответствия техническим условиям размеров, формы и взаимного расположения осей и поверхностей. Калибры изготавливают из хромистой стали.

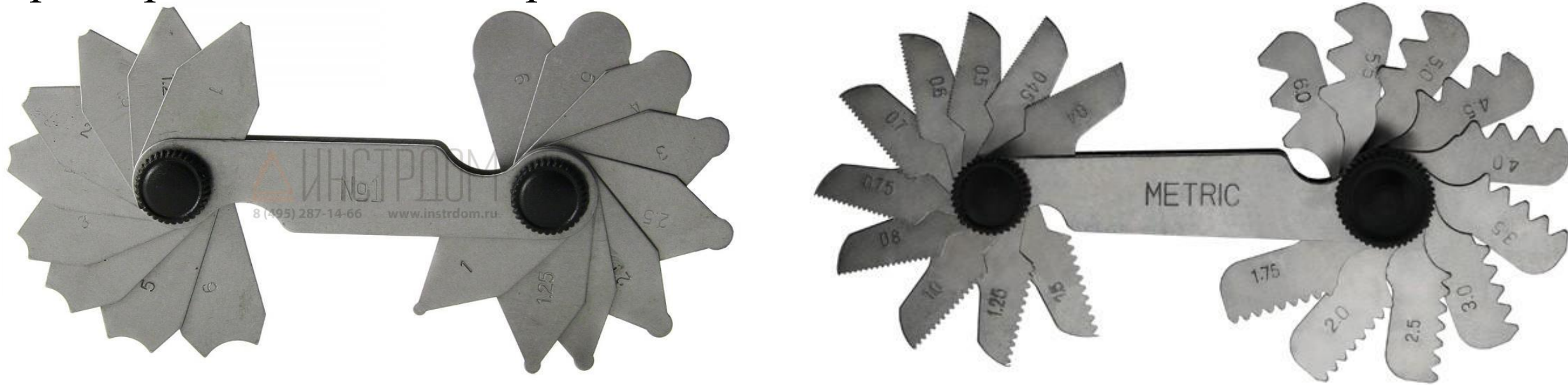
В зависимости от условий оценки годности деталей калибры бывают нормальные и предельные.

- **Нормальные** соответствуют номинальному размеру контролируемого изделия и имеют обратную форму.
- **Предельные** калибры служат для того, чтобы определить, находится ли действительный размер контролируемого изделия в пределах допуска.

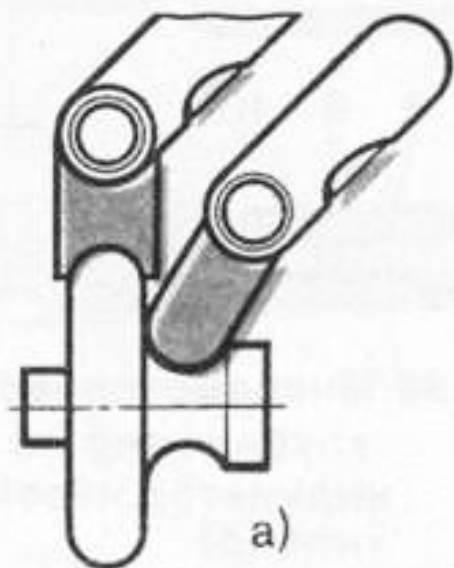
Щупы являются нормальными калибрами при проверке зазоров между поверхностями, они выпускаются с номинальными размерами 0,02... 1,0 мм, с градацией через 0,01 и 0,05 мм. По длине различают щупы двух исполнений: 200 и 100 мм. (*Щупы длиной 100 мм изготавливают как в виде отдельных пластин, так и в виде наборов, а при длине 200 мм — только в виде отдельных пластин*). При измерении зазора в него вводят щуп или набор щупов. При измерении щуп должен перемещаться в зазоре с небольшим усилием, т. е. он не должен проваливаться в зазор и перемещаться свободно.



- **Шаблоны радиусные** (по ГОСТ 4126) предназначены для оценки радиусов выпуклых и вогнутых поверхностей. Изготавливаются три набора радиусных шаблонов. В каждом наборе скомплектованы пластины для контроля, как наружного, так и внутреннего радиусов.
- **Резьбовые шаблоны** (по ГОСТ 519) предназначены для определения номинального размера шага метрической резьбы (набор М60°) и числа ниток на 1 дюйм (набор М55°), измерительная часть которых представляет собой профиль стандартной резьбы определенного шага или числа ниток на дюйм (для подсчета шага). На каждом шаблоне указан размер шага в миллиметрах или число ниток на дюйм.



Измерение радиуса детали



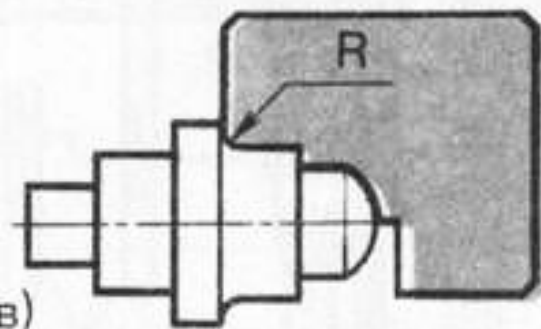
а)

Подбор наружного шаблона для определения радиуса галтели



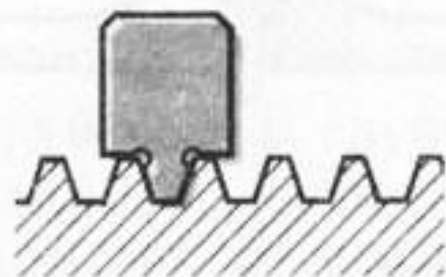
б)

Контроль контура детали



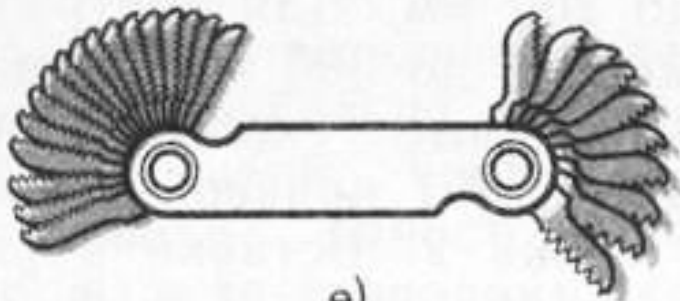
в)

Контроль профиля резьбы



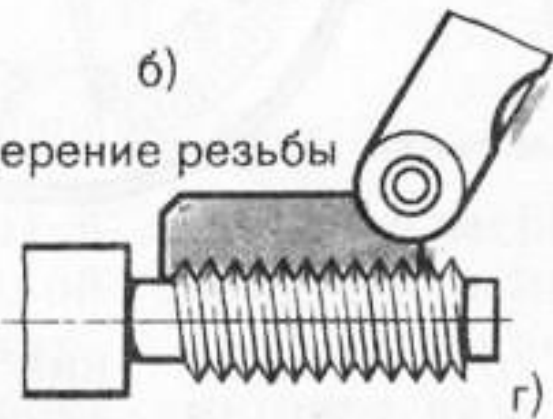
д)

Резьбовой шаблон (резьбомер)



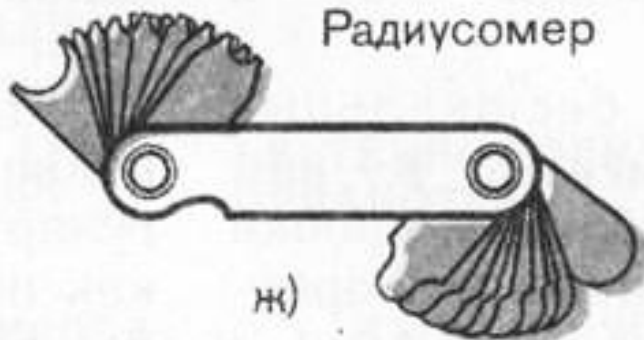
е)

Измерение резьбы



г)

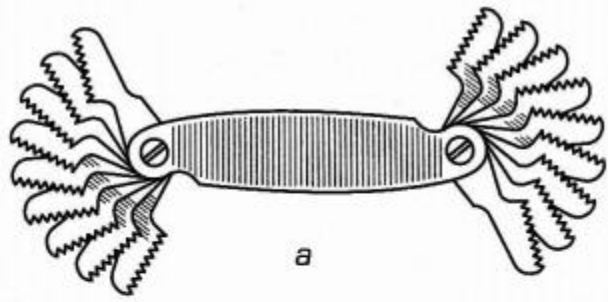
Радиусомер



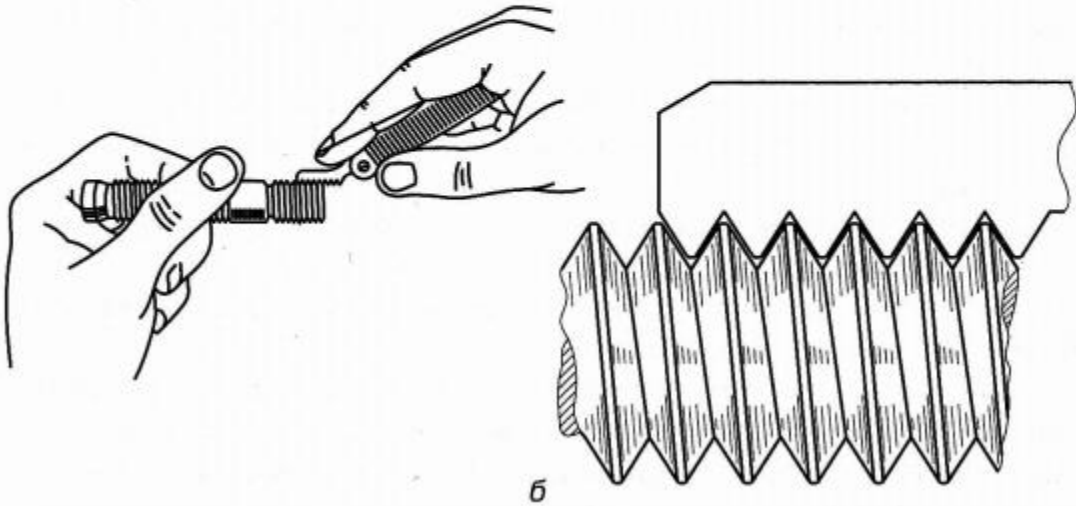
ж)

Щуп

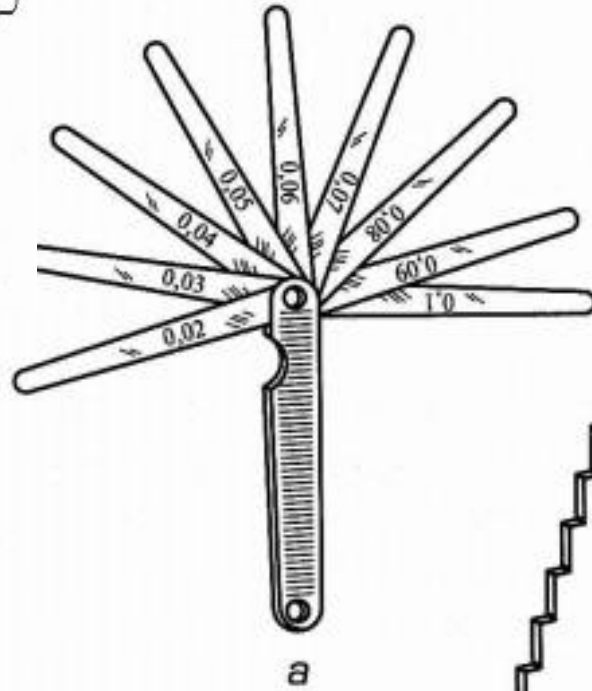




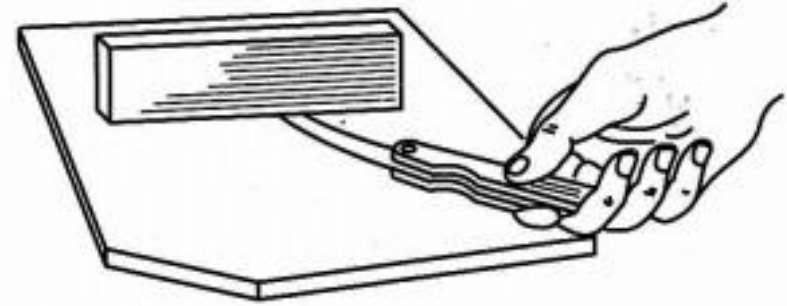
a



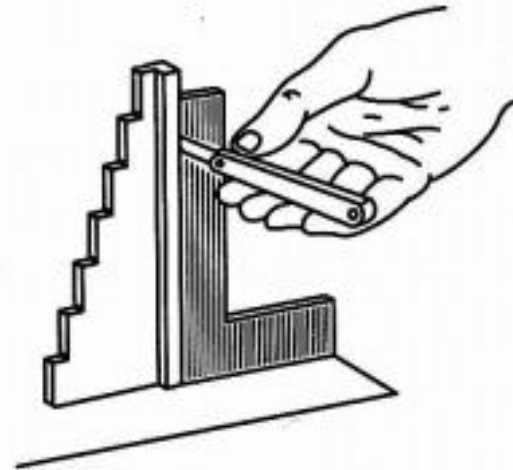
b



a



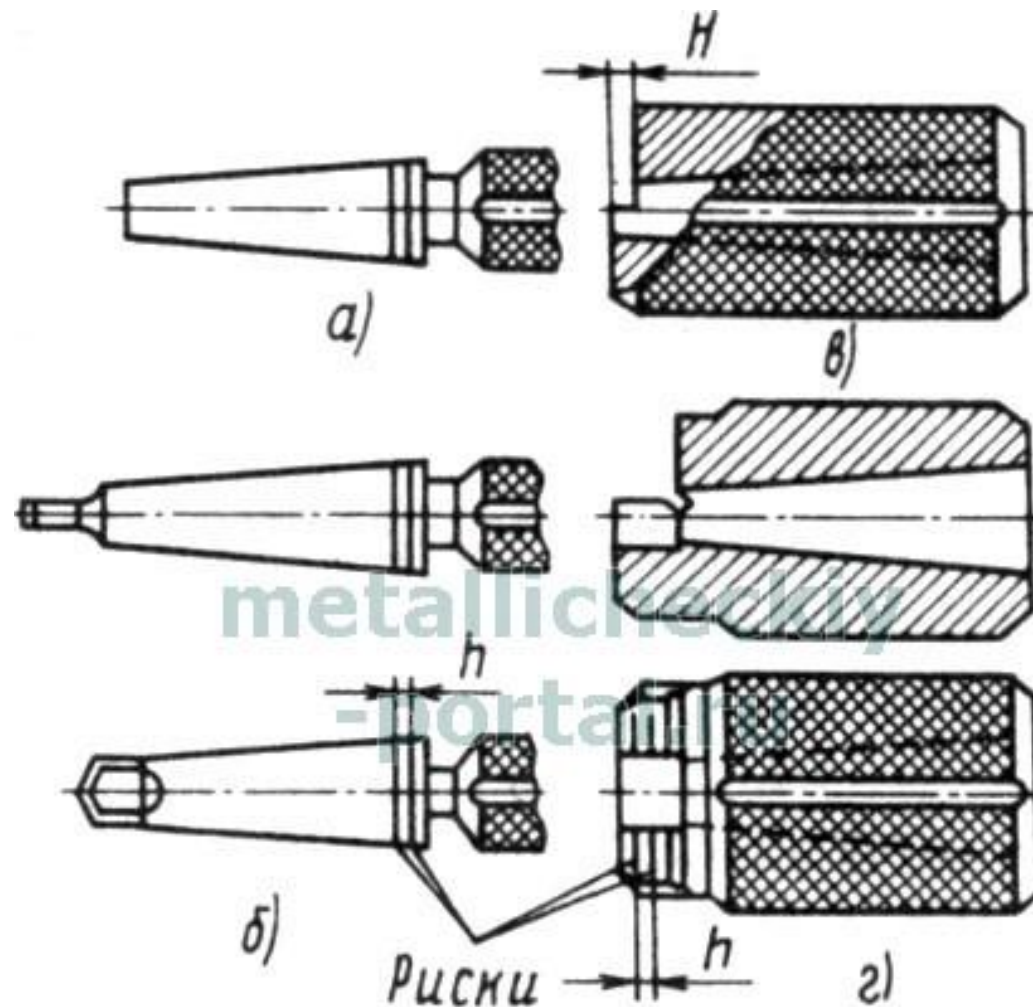
b



B

• Конусные калибры.

Контроль наружных конусов выполняется конусными калибр-втулками, а контроль внутренних конусов - конусными калибр-пробками. ГОСТ 24932-81 устанавливает виды и исполнения калибров для гладких конусов с отдельным нормированием каждого вида допуска с диаметрами в заданном сечении до 200 мм, конусностью от 1:3 до 1:50, допусками диаметров 6...12 квалитетов, допусками углов конусов 4...9 степеней точности.



Калибры-пробки (а, б) или калибры-втулки (в, г) для контроля конусов*

