

СРЕДСТВА ВИЗУАЛЬНОГО И ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ₁

V. ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ВИЗУАЛЬНОГО И ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ¹

5.1. При визуальном и измерительном контроле применяют:

- лупы, в том числе измерительные;
- линейки измерительные металлические;
- угольники поверочные 90° лекальные;
- штангенциркули, штангенрейсмусы и штангенглубиномеры;
- щупы;
- угломеры с нониусом;
- стенкомеры и толщиномеры индикаторные;
- микрометры;
- нутромеры микрометрические и индикаторные;
- калибры;
- эндоскопы;
- шаблоны, в том числе специальные и универсальные (например, типа УШС), радиусные,
- резьбовые и др.;
- поверочные плиты;
- плоскопараллельные концевые меры длины с набором специальных принадлежностей;
- штриховые меры длины (стальные измерительные линейки, рулетки).

Допускается применение других средств визуального и измерительного контроля при условии наличия соответствующих инструкций, методик их применения. Примерный перечень средств визуального и измерительного контроля приведен в приложении Д.

5.2. Для измерения формы и размеров кромок, зазоров, собранных под сварку деталей, а также размеров выполненных сварных соединений разрешается применять шаблоны различных типов.

5.3. Погрешность измерений при измерительном контроле не должна превышать величин, указанных в табл. 1, если в рабочих чертежах не предусмотрены другие требования.

Таблица 1 Допустимая погрешность измерения при измерительном контроле

Диапазон измеряемой величины, мм	Погрешность измерений, мм
До 0,5 мм вкл.	0,1
Свыше 0,5 до 1,0 вкл.	0,2
» 1,0 » 1,5 »	0,3
» 1,5 » 2,5 »	0,4
» 2,5 » 4,0 »	0,5
» 4,0 » 6,0 »	0,6
» 6,0 » 10,0 »	0,8
» 10,0	1,0

5.4. Для определения шероховатости и волнистости поверхности следует применять профилографы-профилометры, аттестованные образцы шероховатости (сравнения), а также другие средства измерения.

5.5. Измерительные приборы и инструменты должны периодически, а также после ремонта проходить поверку (калибровку) в метрологических службах, аккредитованных Госстандартом России. Срок проведения поверки (калибровки) устанавливается нормативной технической документацией (НД) на соответствующие приборы и инструменты.

4. При визуальном и измерительном контроле применяют

- **Используемые инструменты**

- ГОСТ 23479-79 указывает и на применение конкретного оборудования и инструментов для качественного исследования визуальным способом. Он делится на приборы цехового назначения, которые способны работать при температуре от +5 до +20, и приборах полевого применения, функционирующих от -55 до +55 градусов. В эти инструменты входят:
- измерительные лупы;
- сварочные шаблоны для проверки параметров геометрии швов;
- угольники для проверки 90 градусов;
- нутрометры;
- угломеры с нониусом;
- щупы для контроля выдержки зазоров;
- микрометры;
- толщинометры для определения стенок трубопроводов;
- калибры;
- штангельциркули;
- линейки и рулетки.

- **Инструменты и принадлежности для визуального и измерительного контроля**

- Для полноценного проведения ВИК могут понадобиться следующие приспособления и средства измерения: просмотровая лупа для осмотра мелких деталей. Стандартная кратность увеличения – от 2 до 6;
- измерительная лупа. Её назначение – угловые и линейные замеры. Такие лупы отличаются от обычных тем, что содержат дополнительную стеклянную вставку с нанесённой на неё метрической шкалой. Технические условия на измерительные и просмотровые лупы содержатся в ГОСТ 25706-83;
- образцы шероховатости – для оценки шероховатости поверхности методом сравнения. Имеют плоскую, цилиндрическую выпуклую либо цилиндрическую вогнутую форму. Изготавливаются из стали, меди, латуни, титана и других сплавов посредством расточки, шлифования, фрезерования и т.д. Требования к образцам шероховатости для визуального и измерительного контроля содержатся в ГОСТ 9378-93;
- профилограф-профилометр. Это комбинированные устройства для проверки неровности (волнистости) и шероховатости поверхности. Требования содержатся в ГОСТ 19300-86;
- люксметр. С его помощью проверяют уровень освещения. Требования содержатся в ГОСТ Р 8.865-2013;
- штангенциркуль с глубиномером – для измерения наружных и внутренних размеров, глубины отверстий и пазов. Требования содержатся в ГОСТ 169-90;
- универсальный шаблон сварщика. Ключевой инструмент для проверки качества самой сварки и заготовленных для неё деталей. Для визуального и измерительного контроля сварных швов предусмотрено большое количество шаблонов, выполненных по отечественным и зарубежным стандартам. К первым относятся УШС-2, УШС-3, УШС-4, УШК-1, шаблон В.Э. Ушеров-Маршака, катетометр КМС-3-16 и т.д. Из импортных аналогов отметим WGo1, WG1, WG2+, V-WAC, Skew-T, INOX и др. В зависимости от конкретного варианта исполнения шаблоны позволяют проверять вогнутость, выпуклость и ширину шва, смещение, катет углового соединения, глубину подреза, точечной коррозии, высоту усиления и прочие параметры;
- набор щупов. Представляет собой обойму из стальных пластин различных толщин (от 0,02 до 1,0 мм). Перебирая их в разных комбинациях, можно определить точную величину зазора между соседними элементами. Щупы для визуального и измерительного контроля подлежат проверке согласно требованиям МИ 1893-88;
- радиусные шаблоны. Позволяют определять радиус вогнутых и выпуклых поверхностей. Шаблон представляет собой двоячную обойму, составленную из стальных пластин, каждая из которых соответствует своему радиусу кривизны;
- измерительная металлическая линейка и/или рулетка. Требования к ним содержатся в ГОСТ 427-75 и ГОСТ 7502-98 соответственно;
- стальной поверочный угольник. Помогает проверять угол между плоскостями. Для визуального и измерительного контроля предусмотрена широкая номенклатура плоских лекальных угольников различных типоразмеров, класса точности 0, 1 или 2. Наиболее распространённый угол – 90 градусов, хотя можно найти и 45, 60, 120 градусов. Требования к ним содержатся в ГОСТ 3749-77;
- фотоаппарат – для наглядной фиксации объекта на момент проведения ВИК;
- фонарь. Наиболее практичные модели – со светодиодной подсветкой;
- металлическая щетка и зубило – для зачистки поверхности от брызг металла и прочих загрязнений;
- зеркала, термостойкий мел, маркер и т.д.
- Большинство доступных в продаже наборов также укомплектованы печатной версией инструкции РД 03-606-03, сумкой или кейсом для переноски и хранения.

- Оборудование и инструменты для визуально-измерительного контроля Все оборудование, которое применяется при визуально-измерительном контроле качества, можно разделить на две большие группы. Первая – это инструменты, с помощью которых и осуществляются измерения дефектов, различных параметров сварных швов. К ним относятся: Микрометры Измерительные металлические рулетки Штангенциркули Линейки измерительные Шаблоны, имеющие специальную форму и предназначенные для проверки сварных швов, которые должны выполняться по одному стандарту Вторая группа – это оборудование для оптического контроля. Оно включает в себя уже упомянутые в статье микроскопы и лупы (обычные, измерительные и шаблонные), а также: Перископы Зеркала Волоконные световоды Телевизионные камеры Данная группа инструментов применяется только в том случае, если при визуальном осмотре были обнаружены какие-либо дефекты, которые нужно исследовать максимально подробно. Чтобы выявить соответствие толщины стенок изделия требуемым параметрам, используется оборудование, предназначенное для физического контроля. Это толщиномеры и ультразвуковые дефектоскопы. Существует целый ряд способов исследования сварного шва в труднодоступных местах. К примеру, для измерения углублений между валиками, а также определения чешуйчатости разрешается снимать слепки из воска, пластилина, иных материалов. Все измерительные инструменты и оборудование в обязательном порядке проверяются метрологическими службами. Такая проверка необходима для того, чтобы убедиться в точности проводимых исследований, рассчитать погрешность при измерениях. Если она не соответствует установленным стандартам, инструмент следует заменить Визуально-измерительный метод неразрушающего контроля позволяет не только оценить качество сварного шва, но и выявить грубые нарушения производственного процесса, спрогнозировать места разрушения детали, ориентируясь на имеющиеся дефекты, а также сделать выводы о безопасности и соответствии стандартам применяемых технологий изготовления либо ремонта конструкций.

- Инструменты для визуального и измерительного контроля деталей и сварных соединений в обязательном порядке проходят поверку и/или калибровку. Инвентарь периодически направляется для обслуживания в аккредитованные метрологические центры и подлежит внесению в Государственный реестр средств измерений (СИ). Испытательная лаборатория должна располагать паспортами, свидетельствами, сертификатами и иной документацией, подтверждающей точность используемых СИ.

Выбор конкретных шаблонов, образцов и прочих принадлежностей определяется положениями технологических карт и руководящей документации.

Для визуального и измерительного контроля применяются также видеоэндоскопы, жёсткие бороскопы и гибкие оптические фиброскопы. Это, по сути, отдельное направление – телеинспекция труднодоступных ниш, отверстий, скрытых механизмов, коммуникаций и пр. Благодаря управляемой артикуляции можно доставить зонд с камерой даже к самым потаённым местам сложного промышленного оборудования, ограждающих конструкций, инженерных систем и т.д.

Современные технические эндоскопы записывают фото и видео в HD-качестве. Файлы сохраняются на SD-карту, плюс доступны для просмотра в режиме реального времени. Для этого многие модели оснащены встроенными дисплеями. Контроль с видеоэндоскопами в полной мере может считаться как визуальным, так и измерительным. При наличии специальной насадки некоторые модели умеют определять расстояние между отдельными элементами изображения, их длину, ширину и диаметр.

Обычный ВИК требует свободного доступа к объекту. Как минимум, одностороннего, но в идеале – и с внутренней стороны (например, при обследовании кольцевых сварных соединений). При использовании систем телеинспекции можно произвести осмотр даже самых потаённых участков, не демонтируя при этом большое количество устройств и механизмов.

•

- Современный измерительный инструмент
- Кроме контроля горизонтали и вертикали, обмеры требуют определения размеров. Для этого применяют обычный и специальный инструмент. У эксперта, выполняющего обмеры, должны быть:
- Рулетки и линейки
- Угольник с прямым углом и транспортир для определения других угловых величин
- Штангенциркуль и микрометр
- Щупы, калибры и другие инструменты шаблонного типа.
- Нынешние обмеры выполняются с самым широким применением лазерных и ультразвуковых дальномерных устройств, которые хороши не только простотой в работе, но и высокой точностью и отсутствием потребности в помощнике. Когда требуется, специалист может применить и специальную аппаратуру, используемую в инструментальных профильных обследованиях:
- Тахеометр, нивелир или теодолит
- Аппаратуру для электротехнических измерений – тестеры, частотомеры, вольтметры и прочее
- Приборы для измерения уровня радиации
- Тепловизионную аппаратуру
- Видеоаппаратуру
- Беспилотные летательные аппараты.

Наборы ВИК

Комплекты для ВИК

- **Комплекты ВИК** применяются для визуального и измерительного контроля основного металла и сварных соединений на стадиях входного контроля, подготовки к сварке и оценки их состояния в ходе эксплуатации. Постоянный контакт с заказчиками и изучение нормативной базы, позволили нашей компании подготовить комплекты, наиболее подходящие для специалистов различных отраслей промышленности. Калибровка наборов ВИК осуществляется собственной метрологической службой.
- Основной набор средств визуального контроля входит в состав набора ВИК, в стандартную комплектацию набора входят: шаблоны сварщика УШС-2 и УШС-3, шаблон Красовского УШК-1, угольник, штангенциркуль, фонарик, маркер по металлу, термостойкий мел, лупа измерительная, набор щупов №4, наборы радиусов №1, №3, рулетка, линейка, зеркало с ручкой. Допускается применение других средств контроля при наличии соответствующих инструкций и методик их применения.
- Каждый измерительный инструмент, включенный в набор, соответствует требованиям нормативной документации и имеет метрологическое свидетельство. Все наборы кроме базового содержат флешку, содержащую образцы техкарт, актов и журналов ВИК, учебники по визуальному контролю и сварке, а так же нормативные акты по данной теме. Приобретенные ранее наборы могут быть откалиброваны повторно. Срок действия сертификата – 1 год.

- **Набор ВИК – первое, что используется для контроля и диагностирования объектов**
- Под набором ВИК имеется в виду комплект средств измерений, инструментов и принадлежностей, необходимых для проведения [визуального и измерительного контроля](#). Комплекты составляются для работы в соответствии с [РД 03-606-03](#) на объектах, подведомственных Ростехнадзору. Это один из базовых атрибутов в повседневной деятельности дефектоскописта, инспектора технадзора, сотрудников заводских ОТК, разнообразных диагностических служб и т.д. Предусмотренные в наборах инструменты активно используются сварщиками, инженерами-технологами, монтажниками, прорабами и представителями всех других профессий, которые так или иначе ответственны за качество на производстве или стройплощадке.
В зависимости от того, какими инструментами «наполнен» комплект, его можно использовать для следующих задач:
- выявления выходящих на поверхность трещин;
- оценки деформаций и несплошностей с точки зрения заданных критериев отбраковки;
- проверки геометрических параметров деталей и правильность их взаимного расположения (в частности, перпендикулярности и параллельности осей);
- контроля качества заготовок под сварку, точности зазоров, а также формы, размеров, смещения кромок;
- визуального и измерительного контроля наплавов и сварных соединений. Инструменты из набора ВИК позволяют проверять геометрию шва, измерять высоту валика усиления, угол скоса кромок, высоту катетов, выпуклость корня, глубину разделки до корневого слоя и пр. Кроме того, с их помощью фиксируют имеющиеся трещины, раковины, поры, свищи, прожоги, подрезы, наплавы и прочие дефекты;
- проверки удаления дефектов в процессе ремонта. После того, как забракованные участки исправлены, осмотр проводят повторно. Объект допускают к другим видам [неразрушающего контроля](#) ([ПВК](#), [МПД](#), [УЗК](#), [РК](#) и другие) только после того, как результаты визуального и измерительного контроля будут признаны удовлетворительными.

- **Требования к комплектам ВИК**

- Перво-наперво, он должен соответствовать требованиям, отражённым в РД 03-606-03. Кроме того, существуют национальные стандарты отдельно на линейки, лупы, штангенциркули, рулетки, глубиномеры, угольники и т.д. К таковым документам относятся, например, [ГОСТ 25706-83](#), [ГОСТ 166-89](#), [ГОСТ 427-75](#), [ГОСТ 7502-98](#), [ГОСТ 7661-67](#), [ГОСТ 3749-77](#) и др. Кроме того, процедура испытаний данных СИ тоже регламентирована и отражена в официально утверждённых методиках.

Кроме того, каждый комплект – это средство измерения. Соответственно, он должен быть внесён в Государственный реестр СИ. При покупке нового набора ВИК производитель обязан предоставить паспорт и свидетельство о калибровке (поверке). По мере эксплуатации инструментов её надо периодически проходить заново. Стандартный срок действия свидетельства (сертификата) – 1 год. Для прохождения данной процедуры лаборатория должна обратиться напрямую в аккредитованный метрологический центр либо к поставщику оборудования. Почти у всех компаний есть услуги по организации и проведению калибровки (поверки).

Как бы то ни было, комплект может применяться для визуального и измерительного контроля только при наличии документального подтверждения его годности. Для проведения контроля на объектах, относящихся к госрегулированию, нужно покупать комплект ВИК с поверкой на каждое средство измерений. При этом все они должны быть внесены в Государственный реестр СИ. Разумеется, данное требование не распространяется на щупы и радиусные шаблоны, а также на вспомогательные принадлежности – фонари, щётки и пр.

- **Какие инструменты входят в набор ВИК**

- На всякий случай повторим: «содержание» разных комплектов может отличаться. В стандартном же виде набор необходимых принадлежностей и инструментов включает в себя: просмотровую лупу;
- универсальный шаблон сварщика – для комплексной проверки качества сварных соединений по ряду параметров, от ширины шва до величины притупления;
- щупы для точного определения зазоров между деталями;
- штангенциркуль для точных измерений внутренних и наружных размеров. В современных наборах ВИК используются цифровые и аналоговые штангенциркули, в том числе – с глубиномером для определения глубины уступов и отверстий;
- радиусные шаблоны для измерения радиуса выпуклых и вогнутых поверхностей;
- угольник для проверки угла между сопряжёнными плоскостями;
- линейка и измерительная рулетка для измерения размеров, расстояний, а также для разметки объекта контроля;
- инспекционные зеркала с телескопическими ручками, фонарь, фотоаппарат, образцы шероховатости, щётку с металлической щетиной, мел и многое другое.
- Кроме того, в наборах ВИК встречаются распечатанные экземпляры РД 03-606-03 и других базовых документов, образцы технологических карт, актов и журналов учёта работ и результатов визуального и измерительного контроля. Некоторые производители сверх этого вкладывают в каждый комплект учебник по данному методу НК. И, конечно же, должен быть документ, подтверждающий метрологическую аттестацию СИ. Это может быть отдельное свидетельство либо паспорт изделия с соответствующей отметкой о калибровке (поверке).

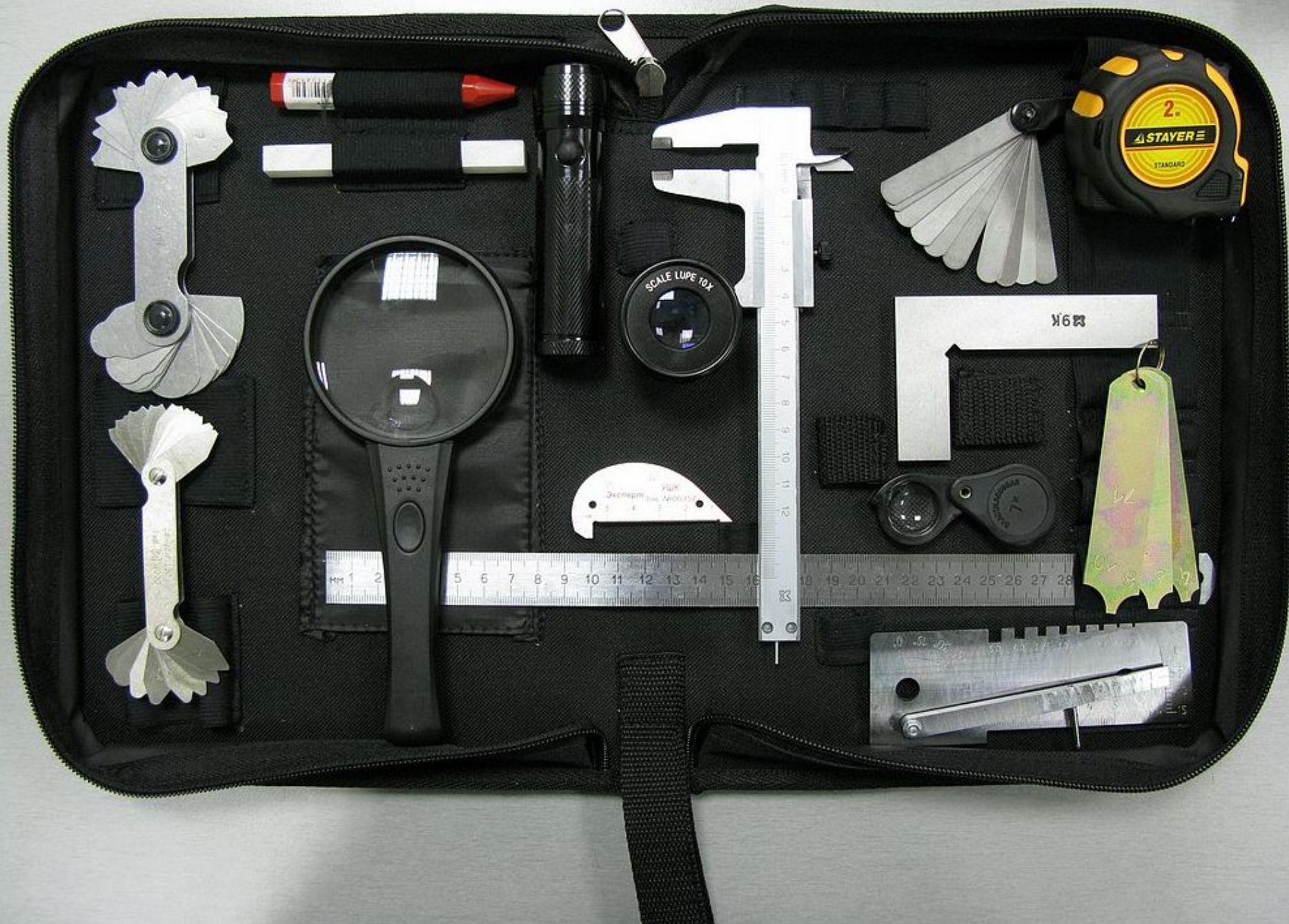
Встречаются и такие экзотические комплекты, в которых встречаются пирометры, мультиметры, люксметры, толщиномеры, толщиномеры покрытий, flash-накопители и пр.

Если суммировать всё вышеперечисленное, то легко увидеть, что комплект ВИК – это довольно большое количество инструментов, принадлежностей и приспособлений. В связи с этим возникает вопрос: а как, собственно, всё это «богатство» носить с собой? Особенно если учесть, что, во-первых, проводить визуальный и измерительный контроль зачастую приходится в тяжёлых полевых условиях. А во-вторых, почти все предметы в таких комплектах – это высокоточные СИ, которые требуют особо бережного к себе отношения. По счастью, большинство производителей это понимает, и потому наборы поставляются в специальных сумках или кейсах (реже – в рюкзаках). Подробнее о них мы поговорим в заключительной части.





- Наборы поставляются в фирменной сумке с паспортами заводов изготовителей и образцом технологической карты по визуальному и измерительному контролю. Вес стандартного набора – 2кг., габариты 37х26х5см. По заявке, наборы могут быть укомплектованы любым дополнительным оборудованием. Также возможна поставка наборов в комплектациях ВИК-2, ВИК NDT, ВИК «Стандарт», ВИК «Профи», ВИК «Измерон» ВИК-Техно, ВИК-Универсал, ВИК Аршини, ВИК Трассовик, других.



Визуальный и измерительный контроль сварных соединений



Регистрация поверхностных дефектов визуально и при помощи специального мерительного инструмента. Внешний осмотр и обмеры сварных швов – всегда первый этап НК. Если в результате ВИК обнаружены недопустимые дефекты, изделие бракуется и не подвергается другим методам НК.

Нормы контроля определяются ИСО 17637 «КН сварных швов. Визуальный контроль сварных соединений, полученных сваркой плавлением» РД 03-606-03 «Инструкция по ВИК»

При визуальном и измерительном контроле применяют: лупы, в том числе измерительные; линейки измерительные металлические; угольники поверочные 90° лекальные; штангенциркули, штангенрейсмусы и штангенглубиномеры; щупы; угломеры с нониусом; стенкомеры и толщиномеры индикаторные; микрометры; нутромеры микрометрические и индикаторные; калибры; эндоскопы; шаблоны, в том числе специальные и универсальные (например, типа УШС), радиусные, резьбовые и др.; поверочные плиты; плоскопараллельные концевые меры длины с набором специальных принадлежностей; штриховые меры длины (стальные измерительные линейки, рулетки). Допускается применение других средств визуального и измерительного контроля при условии наличия соответствующих инструкций, методик их применения





Приборы для обнаружения и контроля мелких близкорасположенных объектов

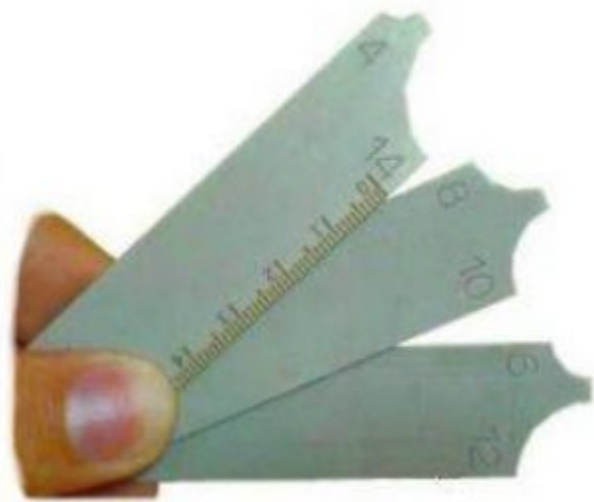
- Комплект оборудования для ВИК (рисунок 1) может включать в себя (например):
- Рисунок 1 – Стандартный комплект ВИК
- Нормативный документ РД 03-606-03;
- ☐ Фонарик карманный;
- ☐ Маркер по металлу;
- ☐ Лупа с подсветкой;
- ☐ Рулетка измерительная 200 см;
- ☐ Линейка измерительная 30 см;
- ☐ Штангенциркуль;
- ☐ Универсальный шаблон сварщика УШС-2;
- ☐ Универсальный шаблон сварщика УШС-3;
- ☐ Угольник поверочный; ☐ Набор щупов № 4 Кл. (0,1 - 1,0 мм); ☐ Набор радиусов №1(1-6 мм); ☐ Набор радиусов № 3 (7 - 25 мм); ☐ Сумка упаковочная.

Лупы и микроскопы

- Для контроля близко расположенных деталей (находящихся на расстоянии не более 250 мм от глаз контролера) используют лупы и микроскопы различного типа. Лупы и микроскопы позволяют обнаруживать трещины различного происхождения, поверхностные коррозионные и эрозионные повреждения, забоины, открытые раковины, язвы, поры, выкрашивание материала деталей, риски, надиры трущихся поверхностей и другие поверхностные дефекты деталей, а также различные дефекты лакокрасочных и гальванических покрытий. При анализе характера дефектов эти приборы позволяют отличать усталостные трещины от хрупких, трещины - от рисок, примятых заусенцев, сколов окисной пленки, нитевидных загрязнений (волокон ветоши, щетины от кистей) и т.д. Обычно осмотр деталей проводят с помощью луп с фокусным расстоянием от 125 до 12,5 мм и увеличением соответственно от 2 до 20х. Из-за существенного снижения поля зрения и глубины резкости при больших увеличениях для осмотра деталей в цеховых условиях в основном применяют микроскопы с увеличением от 8 до 40-50х. Увеличение изображения микроскопом, используемым для осмотра деталей, несколько превышает увеличение лупой. Однако, даже при использовании микроскопа и лупы с равным увеличением, эффективность применения микроскопа из-за высокого качества изображения и надежного обнаружения дефектов выше. Применяемые для контроля деталей микроскопы дают прямое стереоскопическое изображение контролируемой поверхности, что облегчает поиск дефектов. Область применения микроскопов ограничена, как правило, заводскими условиями. Достоинством микроскопов является их относительно большое рабочее расстояние, позволяющее использовать их для осмотра различных углублений и пазов на деталях. Например, рабочее расстояние лупы 20х составляет 10 мм, а микроскопа МБС-02 (рисунок 2) - 64 мм при любом увеличении.

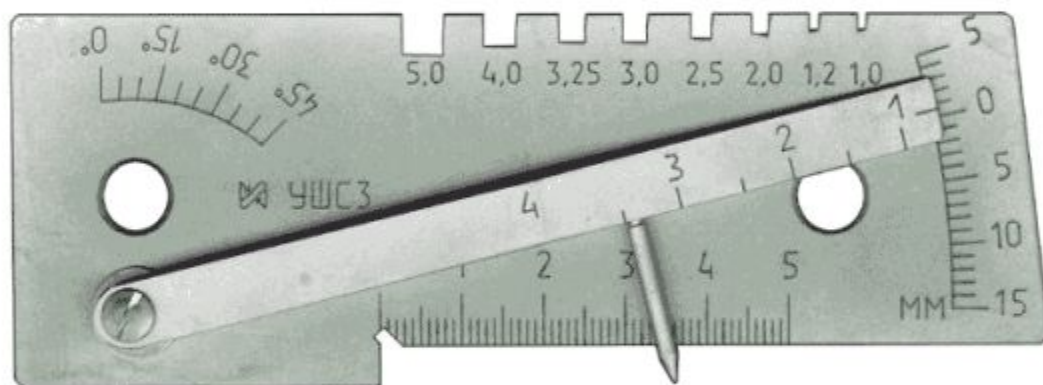
Универсальные шаблоны сварщика

- Простейшие устройства, предназначенные для контроля внешних характеристик сварного соединения
- УШС-2 предназначен для контроля катетов угловых швов в диапазоне 4- 14мм (рисунок 3). Контроль проводится ступенчатым методом определения до минимального зазора. УШС-2 состоит из 3-х лепестков и 1 соединительного кольца. Каждый из лепестков имеет точно выполненные выточки определенного катета. Для удобства контроля рядом с каждой выточкой выбит размер соответствующего радиусу катета шва.



Контроль катета сварного шва производится путем последовательного соприкосновения (подбора) лепестков с соединенными сваркой деталями. Размер считается установленным, если длинная сторона лепестка и перемычка между катетами лепестка прилегают к деталям без видимого зазора, а зазор между дугами лепестка и шва является минимальным. При несовпадении ни с одной ступенью размеров в указанном диапазоне значение катета определяется эмпирическим путем.

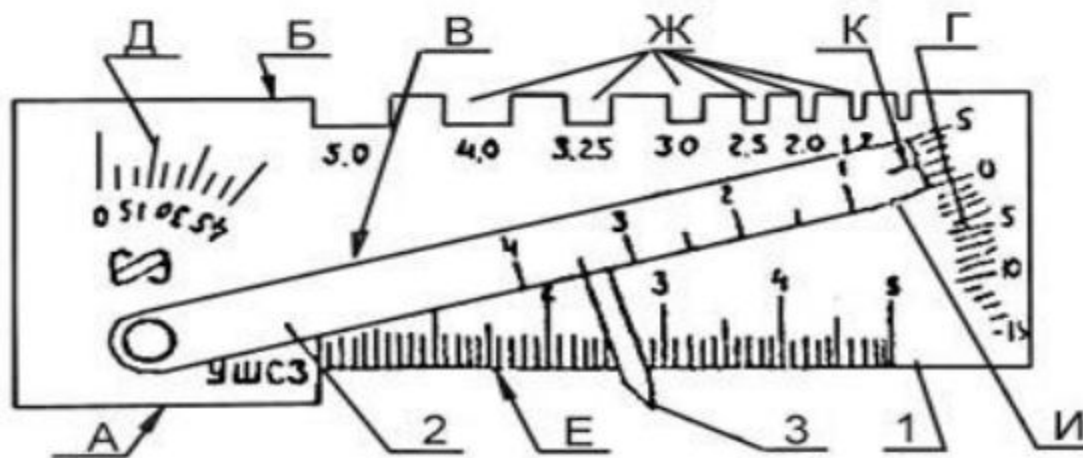
- УШС-3 предназначен для измерения контролируемых параметров труб, контроля качества сборки стыков соединений труб, а также для измерения параметров сварного шва при его контроле (рисунок 4).



- Рисунок 4 – УШС-3
- Шаблон УШС-3 состоит из основания 1, соединенного осью 4 с движком 2 и закрепленного на движке указателем 3 (рисунок 5). Контроль производится следующим образом: 1. Контроль глубины раковин, глубины забоин, превышение кромок глубины разделки стыка до корневого слоя и высоту усиления шва производят при установке шаблона поверхностью А (рисунок 5) на изделие, затем поворотом движка 2 вокруг оси 4 ввести указатель 3 в соприкосновение с измеряемой поверхностью. Результат считывается против риски К по шкале Г (рисунок 5). эмпирическим путем.

- 2. Контроль зазора производится введением движка 2 его клиновой частью в контролируемый зазор. По шкале И (рисунок 5), нанесенной на движке, считывается результат. 3. Контроль притупления шва, ширины шва производить при помощи шкалы Е (рисунок 3.6) , пользуясь ею как измерительной линейкой. Контроль углов скоса кромок производится при установке шаблона поверхностью Б на образующую изделия. Затем, поворотом движка 2 совместить без зазора его поверхность В с измеряемой поверхностью. Результат считывается по шкале Д против поверхности движка В (рисунок 5).

Рисунок 5 –
Основные
измерительные
элементы УШС-3 4.



- 5. Определение диаметров проволоки производится с помощью пазов Ж (рисунок 5). Кроме указанных выше существует большое количество других шаблонов. Принцип их применения аналогичен применению шаблонов УШС-2 и УШС-3. Например, шаблон Красовского (рисунок 6).

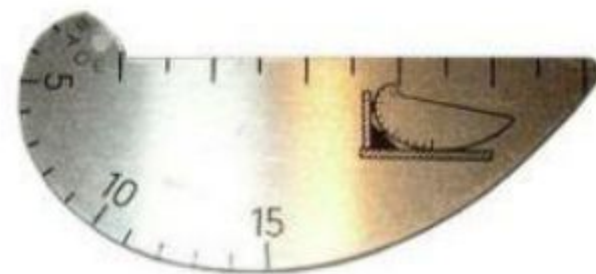


Рисунок 6 – Шаблон Красовского

- Шаблон Красовского служит для контроля тавровых и нахлесточных сварных соединений, стыковых сварных соединений, измерения зазора между кромками. Схемы его применения приведены на рисунке 7.

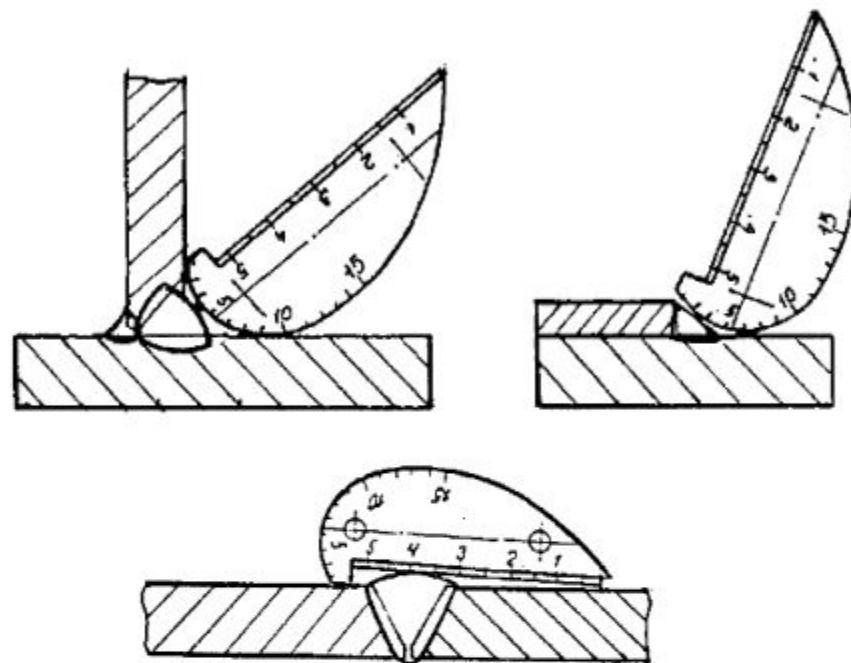
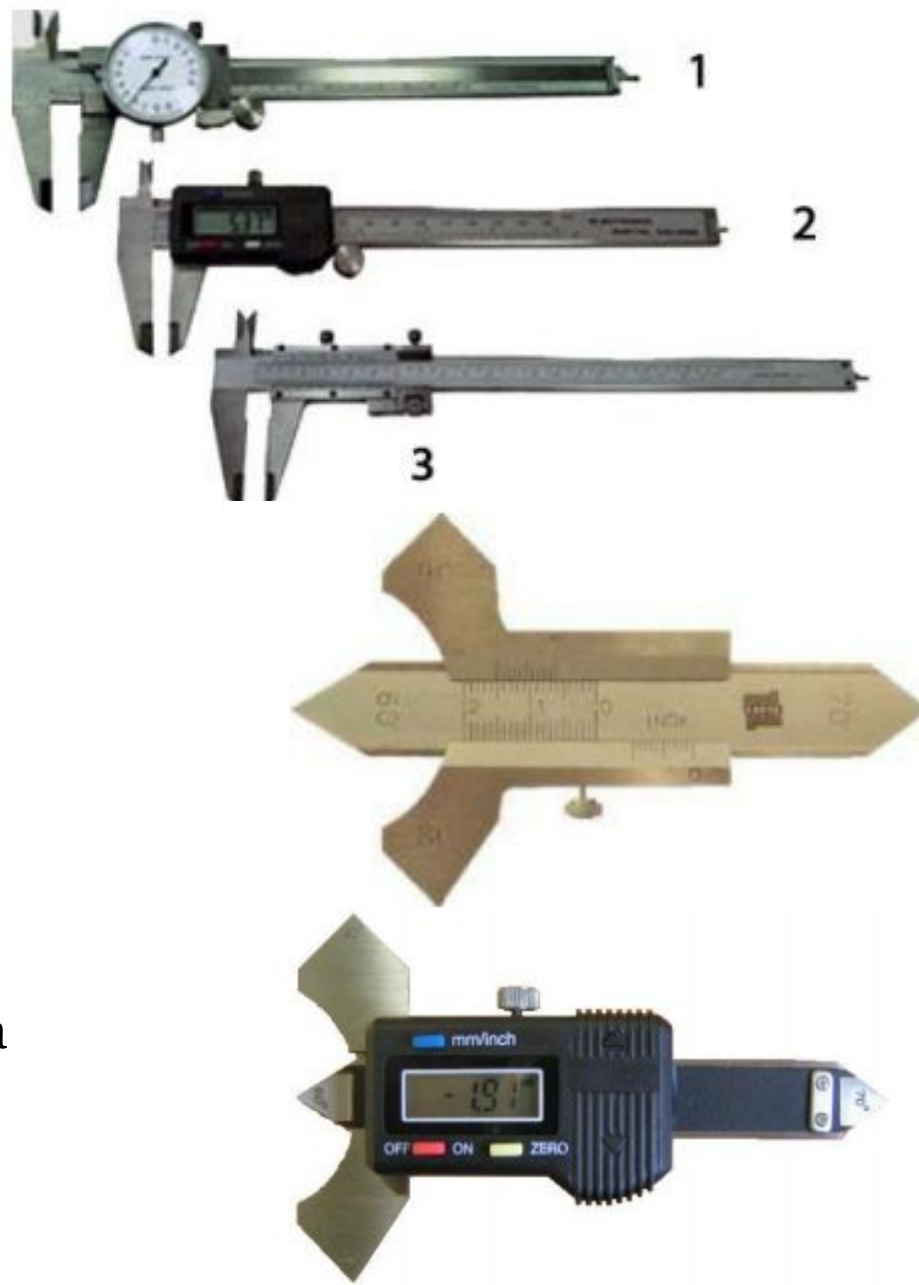


Рисунок 7 – Схемы применения шаблона Красовского

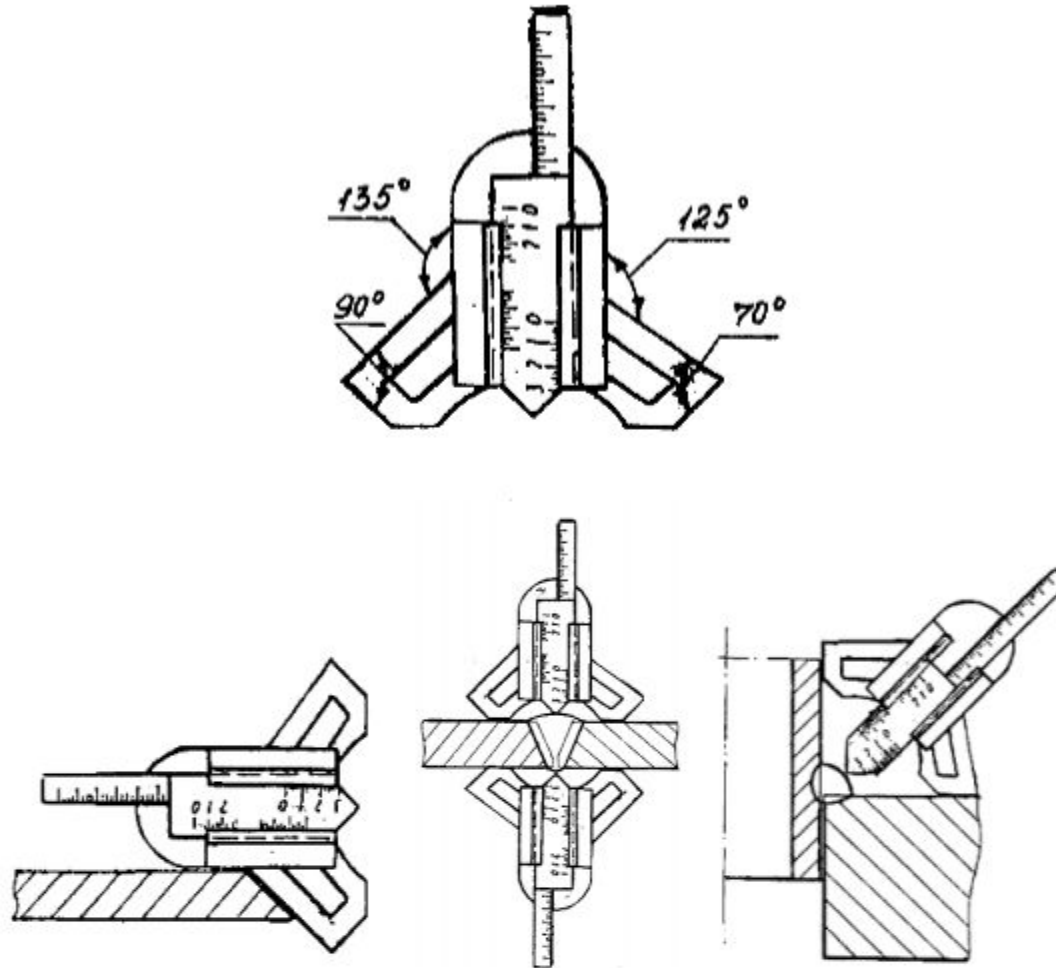
- Инструменты, позволяющие провести измерение отдельных параметров сварного соединения. Устройство штангенциркуля должно быть известно читателям настоящего пособия. Механический штангенинструмент представляет собой две измерительные поверхности, между которыми устанавливается размер, одна из которых составляет единое целое с линейкой (штангой), а другая соединена сдвигающейся по линейке рамкой. На линейке находится через 1 мм деления, на рамке устанавливается или гравится нониус. Наиболее распространенный штангенинструмент - штангенциркуль. Внешний вид различных штангенциркулей представлен на рисунке 8. К этому же виду инструментов можно отнести и шаблон Ушера-Маршака (рисунок 9), предназначенный для измерения скоса кромок при подготовке свариваемых соединений деталей, измерения высоты катета углового шва, измерения высоты валика усиления, измерения выпуклости корня шва стыкового сварного соединения, измерения зазора в соединении при подготовке деталей к сварке.

- Рисунок 8 – Виды штангенциркулей 1– с круговым индикатором; 2 – электронный; 3 – механический с нониусом



- Рисунок 9 – Разные виды шаблона Ушера-Маршака

- Схемы применения шаблона Ушера-Маршака представлены на рисунке



- Рисунок 10 – Применение шаблона Ушера-Маршака











Трещина прихваточная

Визуальный контроль сварных швов: суть проведения и поэтапный порядок











- *Измерение диаметра штангенциркулем*



- *Осмотр сварного соединения труб изнутри, при помощи лупы*

- **Применяемый инструмент контроля**
- На базовом уровне применяются простейшие средства визуального осмотра, среди которых лупы, штангенциркули, линейки и угольники. К специализированным аппаратам для профессионального контроля можно отнести вихретоковые и ультразвуковые толщиномеры, которые дают представление о размерных параметрах дефектов.
- Широко применяются при визуальном контроле и шаблоны, по которым и без конкретных замеров можно определить отклонения характеристик шва от нормативных значений. Таким способом сравнения обычно определяются формы зазоров, кромок и собранных деталей для последующего соединения. Специально для определения степени волнистости и шероховатости поверхности задействуют профилографы-профилометры.



Шаблоны сварщика

Набор шаблонов сварщика



Шаблоны сварщика — инструменты, использующиеся для контроля основных параметров сварных швов и заготовок. В настоящее время НТЦ «Эксперт» налажено собственное производство шаблонов сварщика типа УШС и поставка зарубежных аналогов типа WG. Шаблоны сварщика модели УШС-3 производства НТЦ «Эксперт» внесены в Госреестр средств измерения РФ (свидетельство № 70742-18). Контроль качества производства и калибровка шаблонов проводятся собственной метрологической службой. Основные типы шаблонов в наличии на складе.

Шаблоны сварщика

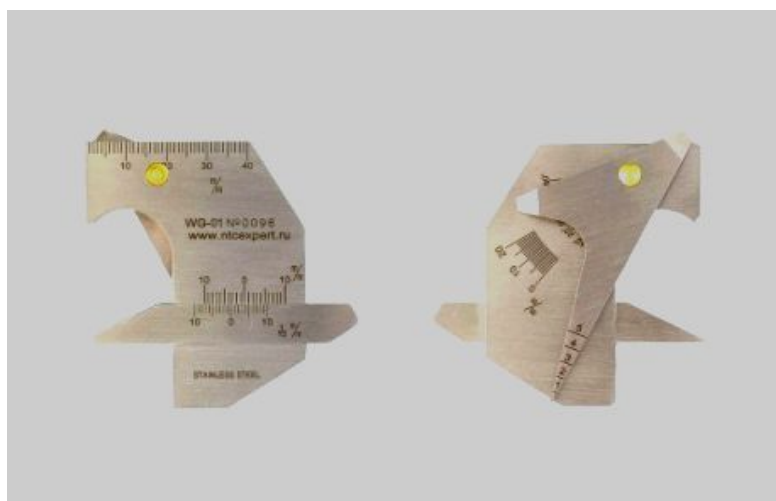
- Шаблон УШС-3



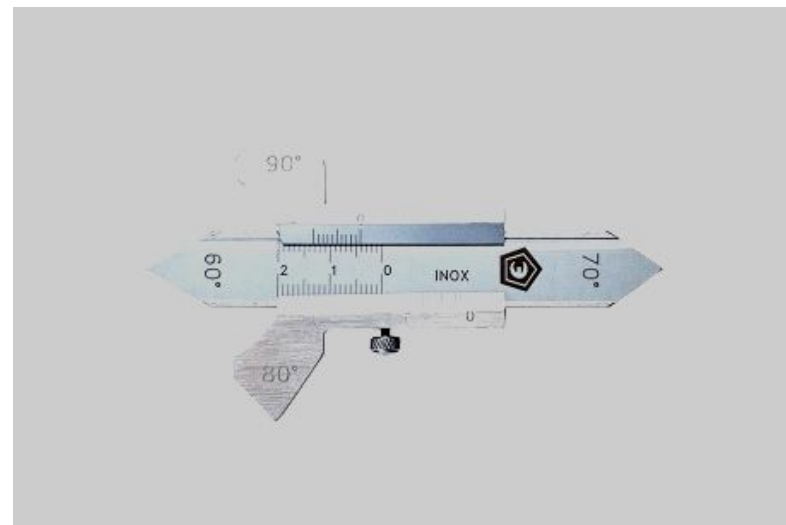
Шаблон УШС-4

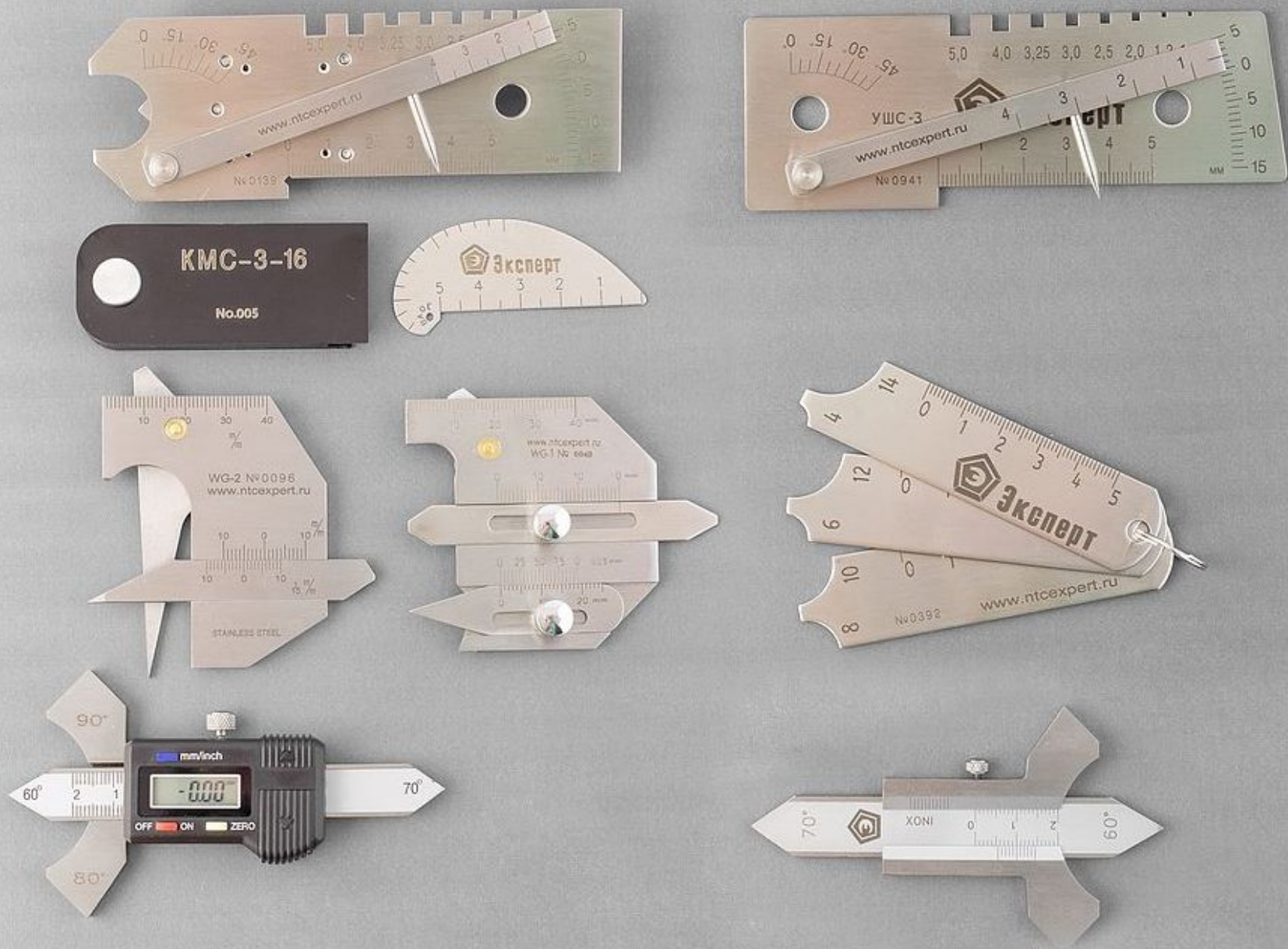


- Шаблоны WGo1, WG1 и WG2+



Шаблон Ушеров-Маршака



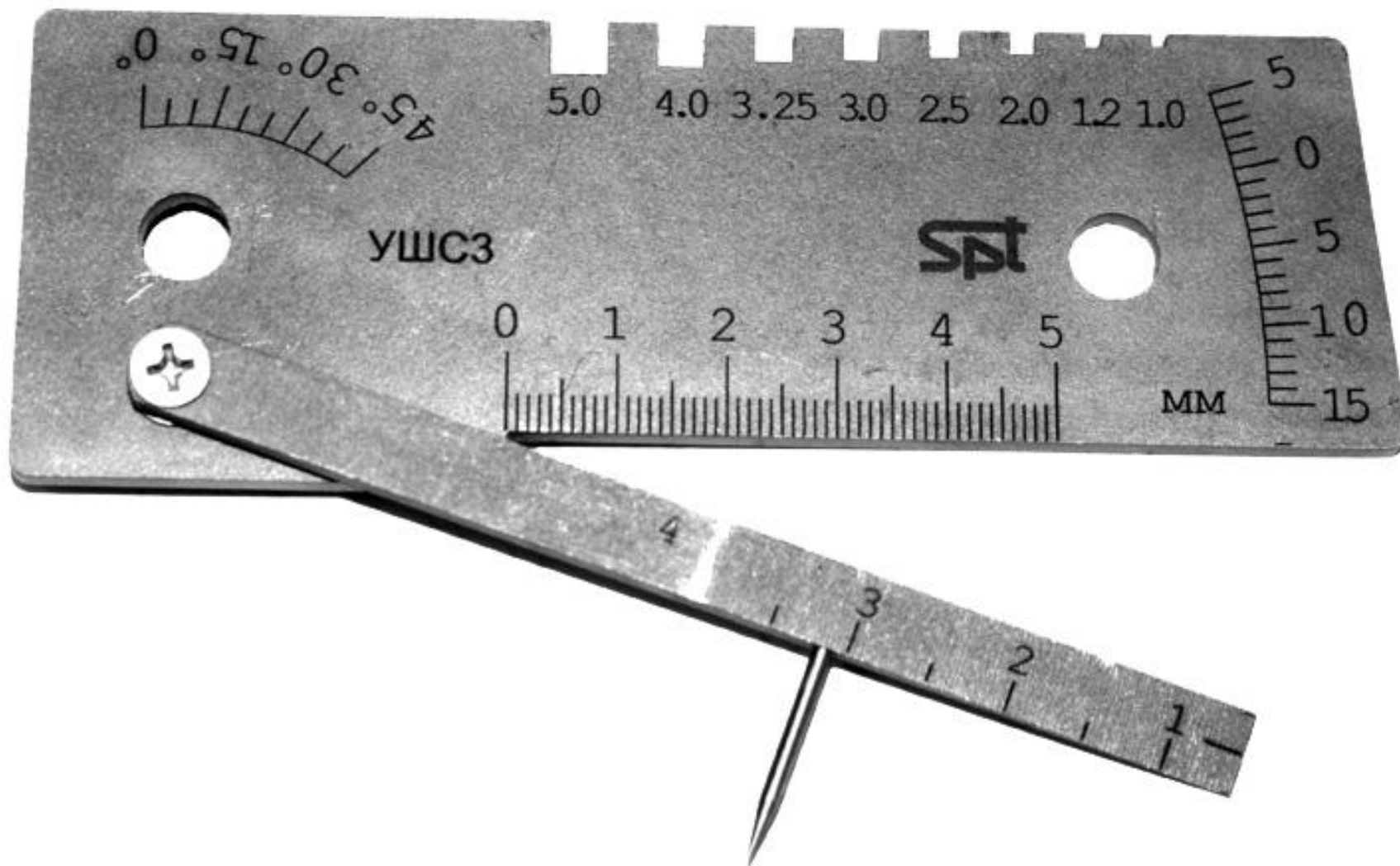


УШС-3 – Универсальный шаблон сварщика

- Предназначен для контроля элементов разделки под сварной шов, электродов и элементов сварного соединения. Позволяет проводить контроль глубины раковин, забоин, превышения кромок, глубины разделки стыка до корневого слоя, высоту усиления шва, контроль зазора, притупления шва, ширины сварного шва, углов скоса кромок, а также диаметров электродов.
- Категория: [Визуальный и измерительный контроль](#) Метка: [Промышленное оборудование от производителя Россия](#)
- Универсальные шаблоны сварщика УШС-3 используются при выполнении сварочных работ для измерений контролируемых параметров труб (трубопроводов), контроля состояния стыков соединений торцов труб (трубопроводов) и для контроля качества сварного шва. Так же УШС-3 рекомендуется к использованию для контроля элементов разделки под сварной шов перед их сваркой, контроля электродов и элементов сварного шва.
- Шаблоны могут быть использованы любыми предприятиями и в организациями, проводящих сварочные работы.
- УШС-3 незаменим для обучения будущих специалистов в сварочных учебных центрах. Также он входит в обязательный список комплекта визуального контроля.
- **Устройство и принцип работы:**
- На основании шаблона на оси установлена планка с неподвижно закрепленным на ней указателем. УШС-3 могут быть использованы как в помещениях, так и на открытом воздухе. После использования шаблона его необходимо промыть в бензине и протереть ветошью. Хранение шаблонов должно осуществляться в сухом чистом помещении, при температуре окружающей среды от -45о до +45оС. Если хранение осуществляется на протяжении более 24 месяцев со времени их консервации они должны вновь законсервированы в соответствии с требованиями ГОСТ 9.014-78. Условия транспортирования шаблонов должны соответствовать требованиям ГОСТ 15150-69 группа 8. Допускается транспортировка упакованных шаблонов УШС-3 всеми видами открытого транспорта.



- **Рекомендации по применению:**
- Контроль глубины раковин, глубины забоин, превышение кромок глубины разделки стыка до корневого слоя и высоты усиления шва:
- Установить шаблон поверхностью А на изделие
- Поворотом движка 2 вокруг оси 4 ввести указатель 3 в соприкосновение с измеряемой поверхностью
- Результат считывается напротив риски К по шкале Г
- Контроль зазора:
- Ввести движок 2 его клиновой частью в контролируемый зазор
- По шкале И, нанесенной на движке определить результат
- Контроль притупления шва, ширины шва:
- Используя как линейку шкалу Е произвести измерения
- Контроль углов скоса кромок
- Установить шаблон поверхностью Б на образующую изделия
- Поворотом движка 2 совместить без зазора его поверхность В с измеряемой поверхностью
- Считать результат по шкале Д против поверхности движка В
- Определение диаметров проволоки производится с помощью пазов Ж.
- **Комплект поставки:**
- универсальный шаблон сварщика УШС-3 – 1 шт
- паспорт – 1шт.
- футляр – 1 шт.



- УШС-3 - Инструменты измерительные

- Универсальный набор сварщика **УШС-3** позволяет диагностировать элементы сварного соединения, электроды и элементы разделки под шов. Применение данного набора инструментов направлено на то, чтобы определить углы скоса кромок, ширину сварного шва, его притупление, высоту усиления, зазор, глубину раздела стыка до корневого слоя, превышение кромок, забоины, глубину раковин, а также диаметр электродов.
- Поставка **УШС-3** предполагает предоставление паспорта и метрологической поверки.
-
- **Специфика универсального набора сварщика УШС-3**
- Контроль диаметра электродов: 1,0/1,2/2,0/2,5/3,0/3,25/4,0/5,0.
- Контроль угла скоса кромок от 0 до 45 градусов.
- Контроль ширины шва (от 0 до 50 мм) и величины его притупления.
- Контроль зазора от 0,5 до 4 мм.
- Контроль высоты усиления шва от 0 до 5 мм.
- Контроль глубины дефектов шва от 0 до 15 мм.

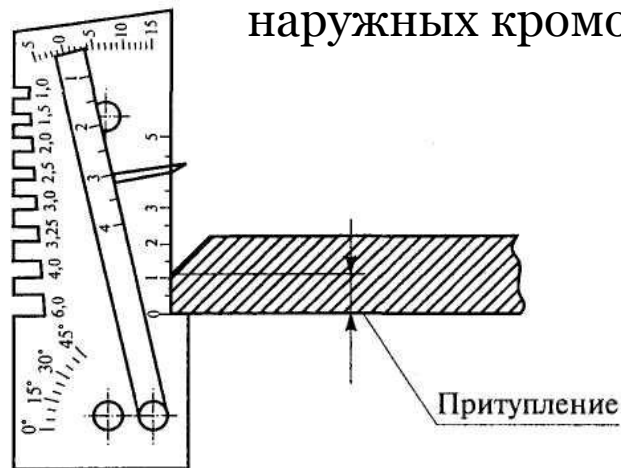
Технические характеристики универсального набора УШС-3

Параметры

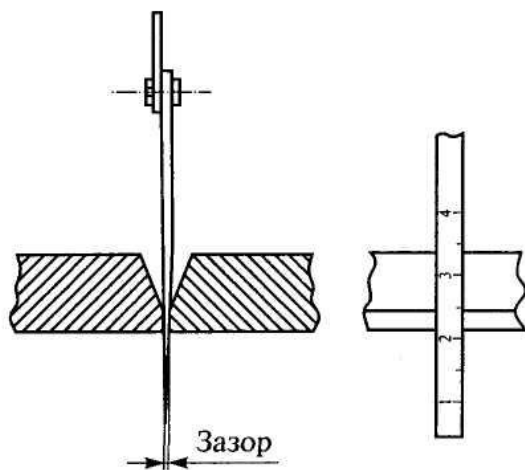
УШС-3

Габариты, мм	130×50×16
Масса шаблона, г	180
Отклонение от номинального значения расстояния между любым штрихом и началом шкалы Е	±0,15 (не более)
Отклонение положения шкалы Д от действительного значения угла	2,5 ⁰ (не более)
Отклонения положения штрихов шкал Г, И	±0,5 (не более)
Допустимые отклонения ширины пазов	до 3,25 мм (по Н12) более 3,25 мм (по Н14)
Дробность деления шкалы Д, град.	5
Дробность деления шкалы И, мм	0,5
Дробность деления шкал Г, Е, мм	1

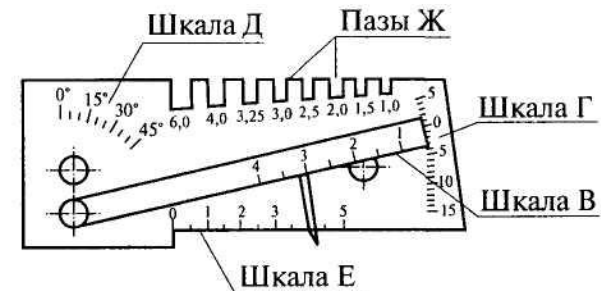
а - общий вид шаблона УШС-3; б - измерение угла скоса разделки ; в - измерение размера притупления кромки ; г - измерение зазора в соединении ; д - измерение смещения наружных кромок деталей



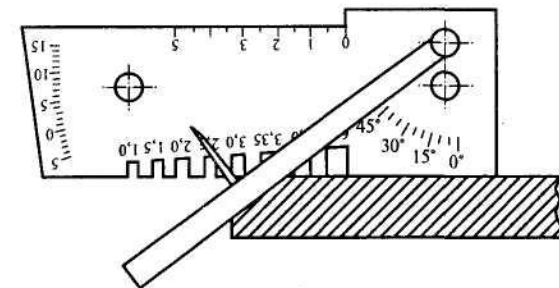
в



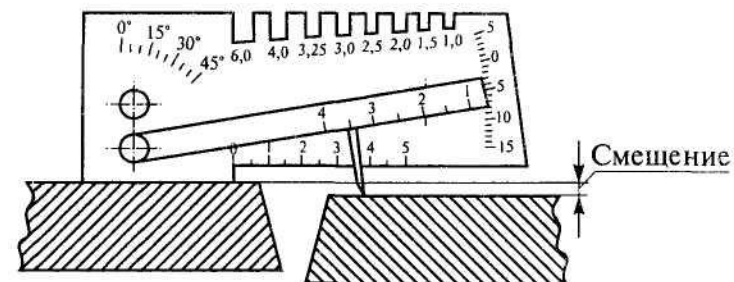
г



а



б



д

С ПОВЕРКОЙ

Внесен в Госреестр
средств измерения

№ 70742-18

УШСЗ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ЭКСПЕРТ

www.ntcexpert.ru

5,0 4,0 3,25 3,0 2,5 2,0 1,2 1,0

4

3

2

1

ММ

5

0

5

10

15



Измерения с помощью шаблона УШС-3



УШС-3 в работе



5,0 4,0 3,25 3,0 2,5 2,0 1,2 1,0

УШС-3

0 1 2 3 4 5

MM

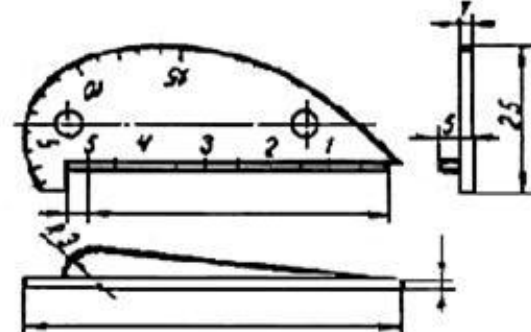




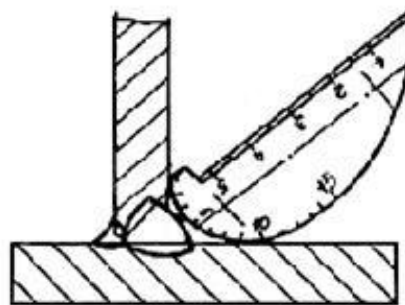
Контроль шаблоном конструкции А.И.

Красовского

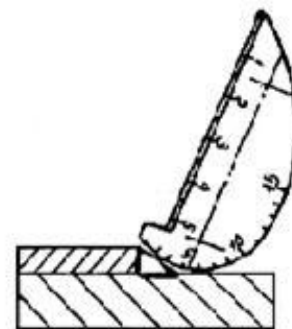
а - общий вид
шаблона; б, в -
контроль тавровых и
нахлесточных
сварных соединений;
г - контроль
стыковых сварных
соединений; д -
измерение зазора
между кромками



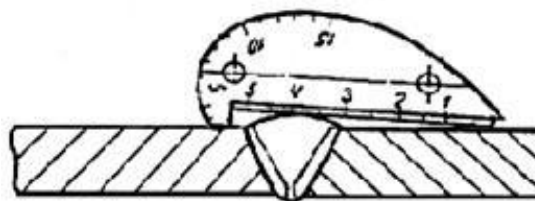
а)



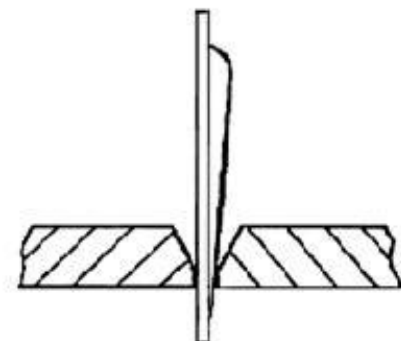
б)



в)



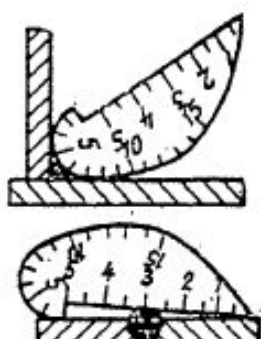

г)

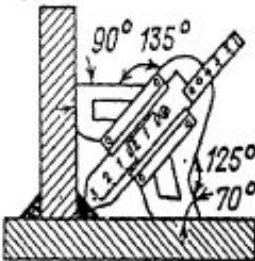
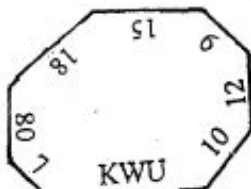



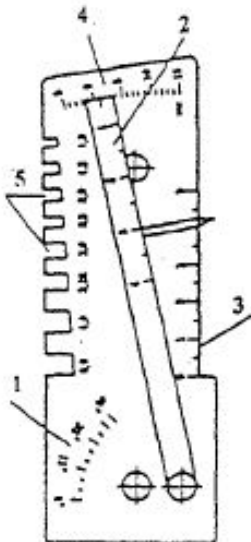
д)

Таблица А.1

Характеристики измерительных приборов

Шаблоны сварного шва	Описание	Вид сварного шва				Диапазон изме- рений, мм	Точность отсчета, мм	Угол между сва- риваемыми элементами, град	Допустимое от- клонение угла между свариваемыми элементами
		Угловой шов			Стыковой шов				
		Нормаль- ный шов	Вогнутый шов	Выпуклый шов					
	<p>Простой шаблон сварного шва.</p> <p>А) Измерение угловых швов толщиной от 3 до 15 мм. Шаблон применяется на криволинейных участках и при этом должен обеспечиваться контакт в 3 точках между участком шва и шаблоном.</p> <p>Б) Измерение превышения выпуклости стыкового шва с помощью прямолинейной части шаблона.</p> <p>Поскольку шаблон может быть изготовлен из относительно мягкого алюминия, то он быстро изнашивается</p>	X	X	—	X	3—15	0,5	90	Небольшое
	<p>Набор шаблонов для сварного шва.</p> <p>Измерение сварных швов толщиной от 3 до 12 мм; при толщинах от 3 до 7 мм с шагом 0,5 мм; далее измеряется толщина 8, 10 и 12 мм. Шаблон действует по принципу соприкосновения в трех точках</p>	X	X	—	—	3—12	Зависит от набора	90	Не предус- мотрено

Шаблоны сварного шва	Описание	Вид сварного шва				Диапазон изме- рений, мм	Точность отсчета, мм	Угол между сва- риваемыми элементами, град	Допустимое от- клонение угла между сварива- емыми элементами
		Угловой шов			Стыковой шов				
		Нормаль- ный шов	Вогнутый шов	Выпуклый шов					
	Шаблон для сварного шва с нониусом. Измерение, например катетов угловых швов; можно измерять превышение выпуклости стыкового шва. Губки шаблона могут иметь такую конструкцию, которая позволяет контролировать углы разделки кромок V-образных и Y-образных швов в 60, 70, 80 и 90°. Но небольшие отклонения этих величин приводят к большим погрешностям	X	X	—	X	0—20	0,1	90	Не предус- мотрено
	Шаблон собственного изготовления. Измерение 7 параметров углового шва при угле 90° между его элементами.	X	—	—	—	0—20	0,2	90	Не предус- мотрено
	Измеритель зазора в соединении				X	0—6	0,1		

Шаблоны сварного шва	Описание	Вид сварного шва				Диапазон изме- рений, мм	Точность отсчета, мм	Угол между сва- риваемыми элементами, град	Допустимое от- клонение угла между сваривае- мыми элементами
		Угловой шов			Стыковой шов				
		Нормаль- ный шов	Вогнутый шов	Выпуклый шов					
	Крючковый штангенциркуль для изме- рения смещения наружных кромок. Измерение смещения при подготовке стыковых швов для сварки листов и труб	—	—	—	X	0—100	0,06	—	—
	Универсальный шаблон для контроля стыковых швов. Измерение подготовленных и закончен- ных сварных стыковых швов: 1) угла скоса; 2) зазора в соединении; 3) ритупления кромок, ширины сварно- го шва; 4) смещения наружных кромок, выпу- клости шва; 5) диаметр электродов	—	—	—	X	0—30	0,1	—	±25 %

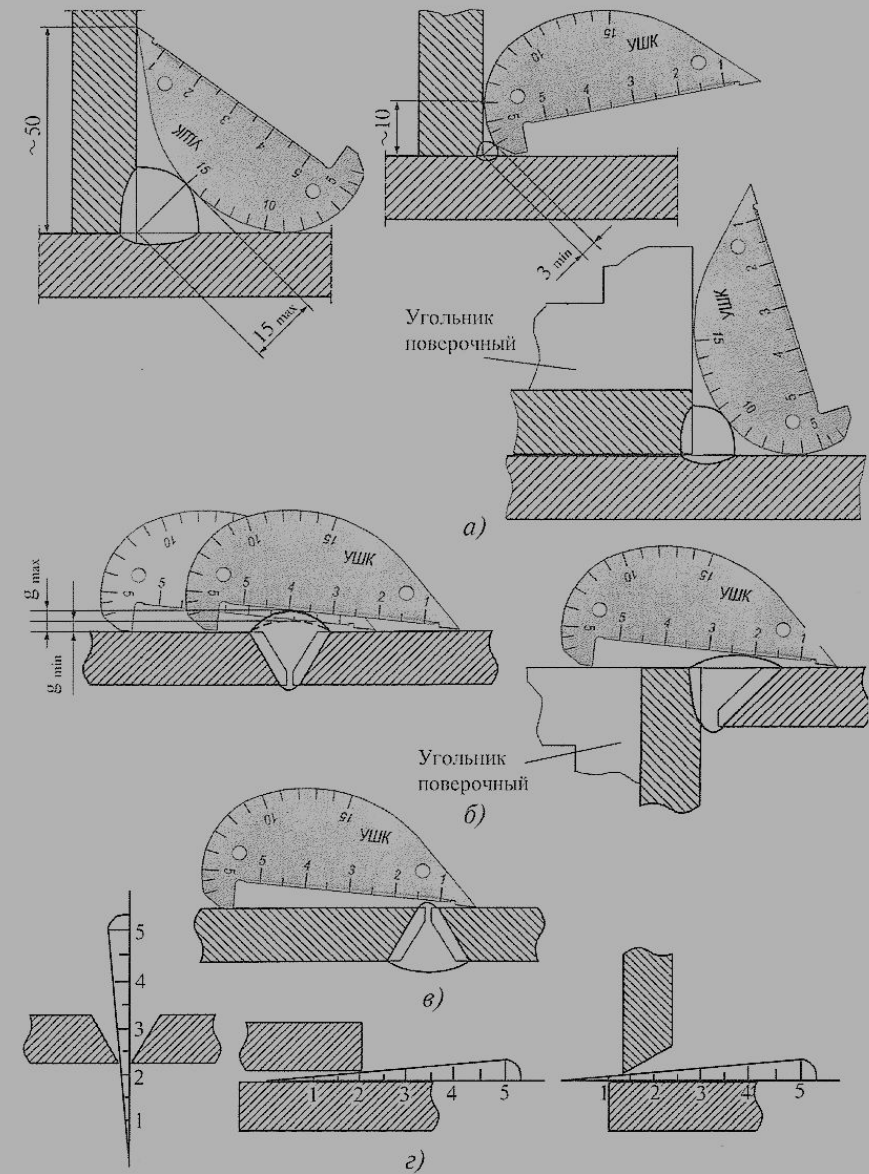


Рис. 1. УШК-1. Схемы измерения контролируемых параметров:
 а – измерение высоты углового шва; б – измерение высоты усиления (g) шва; в – измерение высоты выпуклости корня шва; г – измерение зазора в соединениях

Шаблоны сварщика

- Катетомер КМС-3-16



- Шаблон УШС-2

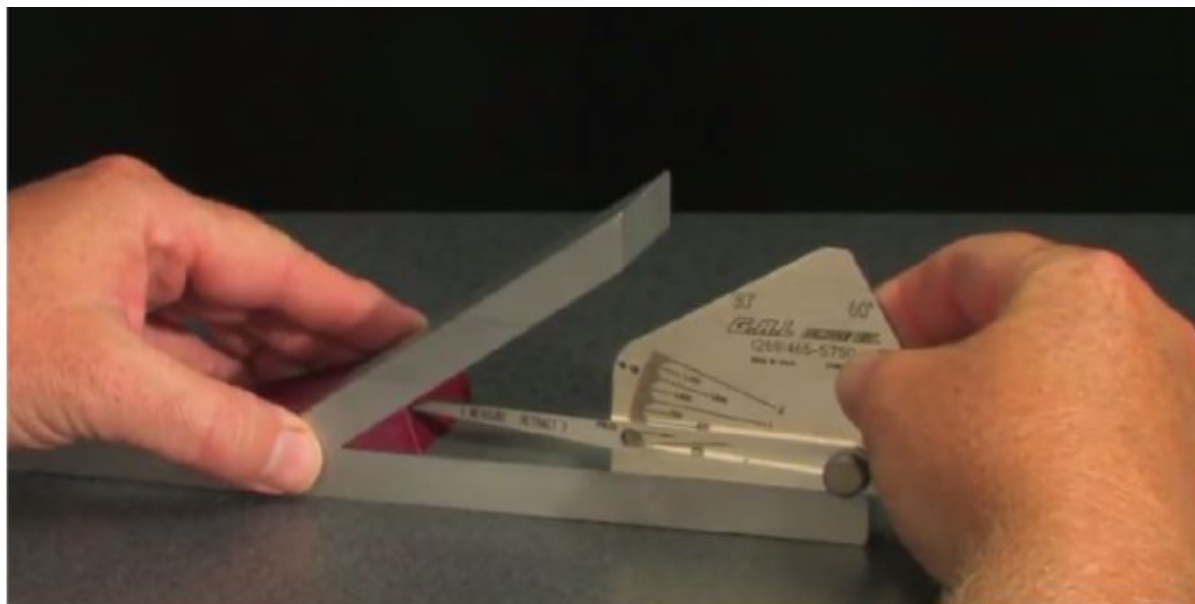


- Измеритель Bridge Cam



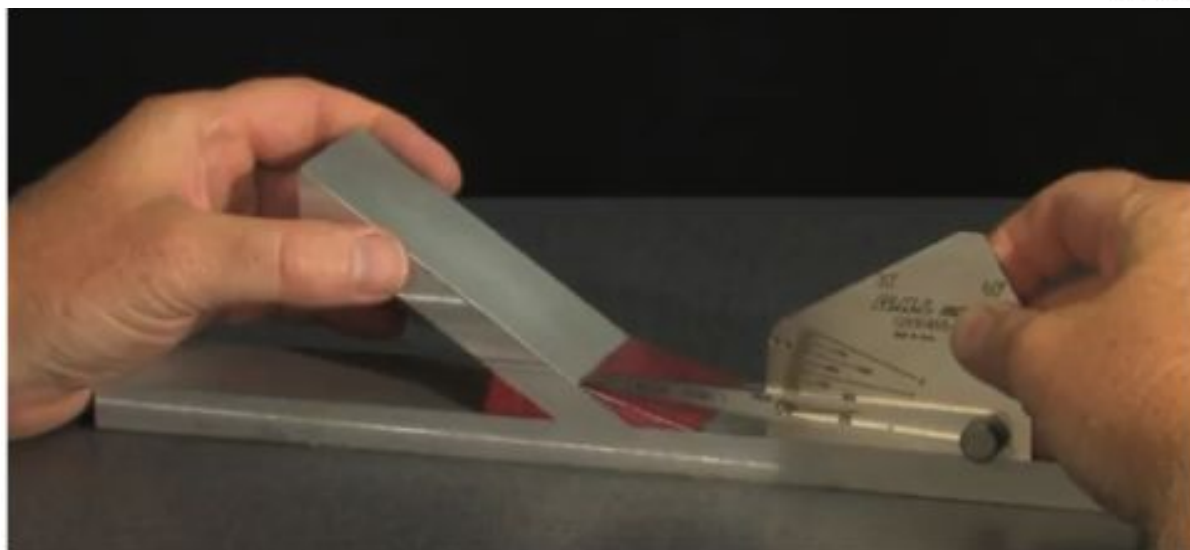
- Шаблон Skew-T





Шаблон сварщика Skew-T

CLOSE X



Образец для демонстрации шаблона сварщика Skew-T

CLOSE V

Шаблоны сварщика

- Шаблон HI-LO



- Шаблон ШПС-1



- Измеритель зазоров



- Цифровой шаблон Ушерова-Маршака

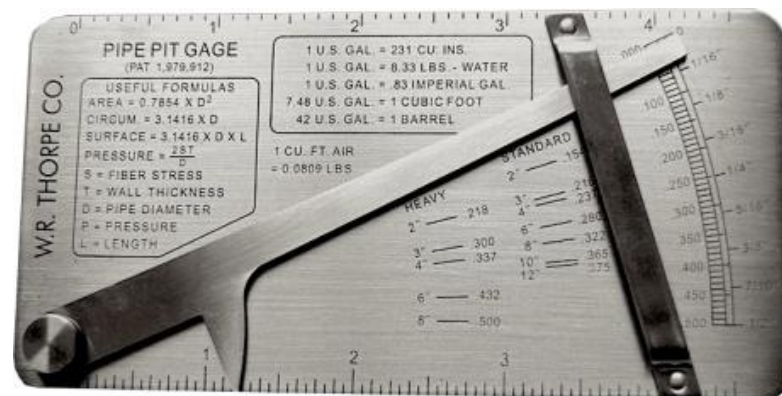


Шаблоны сварщика

- Шаблон сварщика Single HI-LO



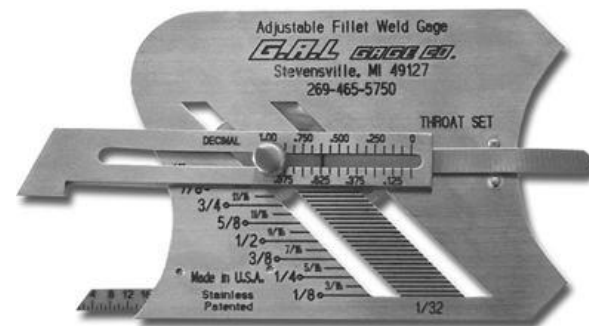
- Шаблон сварщика WG10



- Шаблон сварщика WG6



- Шаблон сварщика WG8



Линейка для расчета катетов угловых и тавровых швов

- Линейка сварщика используется при расчете катетов угловых и тавровых сварных соединений. В документации на изготовление металлоконструкции с угловыми и тавровыми СС закладывается размер катета углового шва от которого во многом зависит прочность будущего изделия. При ассиметричном (тупом или остром) сварном соединении, размер катета надо рассчитывать по известному углу сборки и толщине изделия при помощи тригонометрические функции или по логарифмической линейке. Использование линейки сварщика дает возможность расчета катета без дополнительных приспособлений.
- При контроле готовых сварных соединений, линейка может быть использована в комплекте с [шаблоном сварщика Skew-T](#) применяемого для контроля параметров угловых и тавровых соединений сваренных под углом больше или меньше 90° . Основное конструктивное отличие данной модели это удлинённая планка дающая возможность проводить измерения там, где не могут быть использованы шаблоны других конструкций. Такой карманный калькулятор в комплекте с [шаблоном Skew-T](#) может быть полезен дефектоскопистом и надзорным органам в случаях когда необходимо оперативно рассчитать размер катета и тут же сверить действительное значение с предписаниями нормативов (в том числе [ГОСТ 23518-79](#))

**Калькулятор угловых
сварных швов симметричного
тазового соединения**

Результат	Аппроксимация
Полученный шов	Минимум (мм)
	Максимум (мм)



Эксперт

НПЦ «Эксперт», +7 (495) 660-49-55
www.ntoexpert.ru, info@ntoexpert.ru

УКАЗАНИЯ

Задайте расчетную толщину шва по
стрелке.
Снимите показания размера катета
углового шва и контрольного размера для
двухстороннего угла.



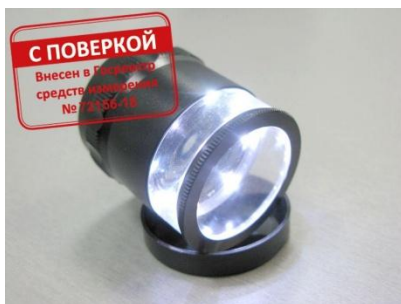
Угловые
сварные швы

- L - Размер катета углового шва
- B - Расчетная толщина шва
- B_к - Контрольный размер
- B_д - Двухсторонний угол



Лупы измерительные

- **Измерительные лупы** используются для визуального контроля и измерений на плоскости. Измерение осуществляется с помощью измерительной шкалы в поле зрения лупы. Лупы соответствуют требованиям [ГОСТ 25706-83](#) и инструкции по визуальному и измерительному контролю [РД 03-606-03](#).
- Каждая лупа имеет паспорт изделия. В зависимости от конкретной модели на измерительные лупы может быть выдано свидетельство о поверке или сертификат о калибровке. Испытания измерительных луп проводятся собственной [метрологической службой](#) в соответствии с требованиями раздела 3 [ТУ 25-16.0018-84](#). Методика поверки измерительных луп содержится также в методиках МП 600-00 и ДДШ 4.161.014 МП. Измерительная лупа входит в состав [набора для визуального измерительного контроля](#). Для более мощного увеличения, может быть использован портативный [фотоаппарат-микроскоп X-loupe](#).



[Лупа измерительная ЛИ-3-10х с подсветкой \(L30\)](#)

[Лупа измерительная ЛИ-3-10х](#)

[Лупа измерительная Л11](#)

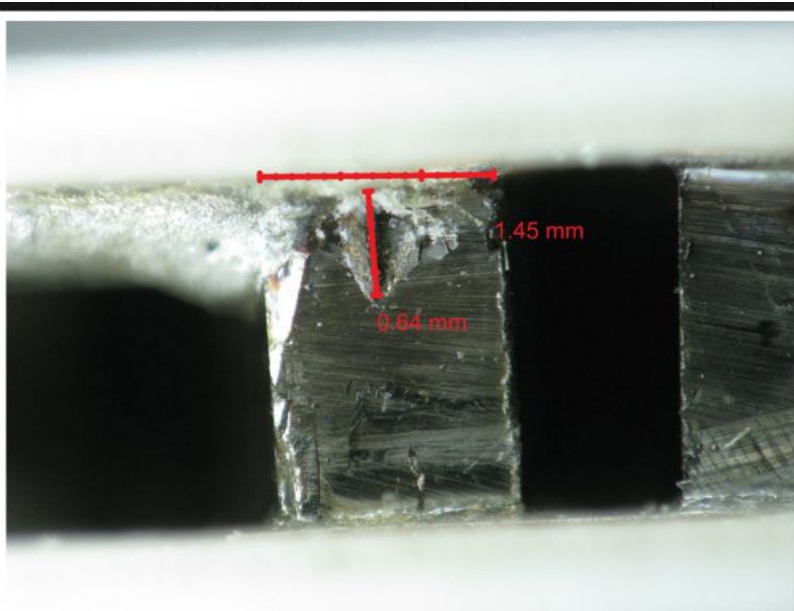
Лупа измерительная
10х25

6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Фотоаппарат-микроскоп X-Loupe

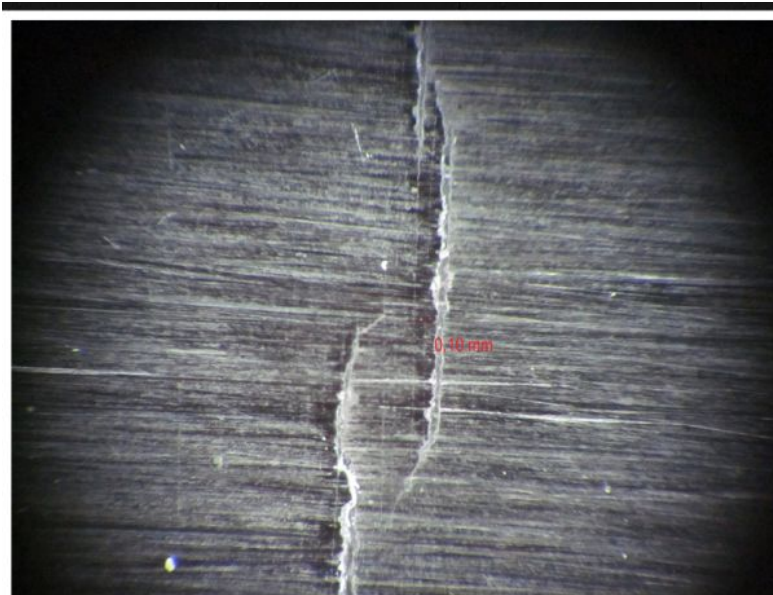
- Фотоаппарат-микроскоп **X-Loupe** предназначен для фотосъемки объектов размером от 5мкр до 12 мм. Приборы X-Loupe состоят из модуля камеры и сменных объективов кратностью от 60х до 300х. Фотоаппарат-микроскоп работает от аккумулятора и имеет независимую подсветку с 6 параметрами яркости.
- **X-loupe для дефектоскопии**
- X-loupe удобен для фиксации дефектов внутри резервуаров, котлов и прочих местах, где использование фотоаппаратов и стационарных микроскопов связано с определенными неудобствами, такими как громоздкость, недостаточная мощность и освещенность. Фотоаппарат-микроскоп может быть использован взамен метода реплик при исследовании усталостных трещин металла на оборудовании и других объектах.
- Для съемки дефектов выявленных с применением флуоресцентных [пенетрантов](#), могут устанавливаться ультрафиолетовые объективы кратностью 100х и 150х. Данные объективы могут быть использованы для съемки любых объектов видимых в ультрафиолетовом свете.
- Для обработки сделанных снимков камеры X-Loupe укомплектованы специальной программой дающей возможность измерять длину объектов, добавлять комментарии, фиксировать кратность объектива, время и дату снимков. Для достижения большей глубины резкости при съемке объемных предметов программа имеет функцию «расширенный фокус», группирующую серию фото в один четкий снимок.
- Функции программы могут быть использованы при составлении заключений о результатах контроля, делая их более наглядными. При коллективных исследованиях возможен вывод изображения на монитор ПК.

Характеристики	X-LOUPE® – A500 (или C101)	X-LOUPE® – G20 (снят с производства)
Основные характеристики модуля камеры		
Модель	Canon Digital IXUS 115 HS	Canon Digital IXUS 105 IS
Разрешение	12,1 мегапикселей	12,1 мегапикселей
Размер матрицы	1/2.3"	1/2,3"
Фокусное расстояние (эквивалент 35 мм)	28 - 112 мм	5,0 - 20,0 мм
Оптический зум	4x	4x
ЖК-экран	3"	2,7"
Источник питания	аккумулятор Canon NB-4L	аккумулятор Canon NB-6L
Емкость батареи	750 mAh	1000 mAh
Время зарядки батареи	примерно 1,5 часа	примерно 3 часа
Основные характеристики сменных объективов		
Производитель	Компания Schott®	
Количество объективов	1 (2)	3
Кратность	60X, 150X	60X, 150X, 300X
Поле зрения	60X: 16x12mm, 150X: 5.7x4.5mm	60X: 8x10.5mm, 150X: 4x3mm, 300X: 2x1.5mm
Разрешение по шкале USAF 1951	-	60X: 90.5 lp/mm, 150X: 181 lp/mm, 300X: 228+ lp/mm
Рабочее расстояние	от 1мм	от 1мм
Размеры объектов съемки	10 микрон – 6 мм	5 микрон - 12 мм
Подсветка объектива	8 светодиодов	16 светодиодов
Срок службы подсветки	10 000 часов	10 000 часов
Вес фотоаппарата с объективом	менее 300г	менее 660г
Диапазон рабочих температур	0 ~ 40 C	0 ~ 40 C



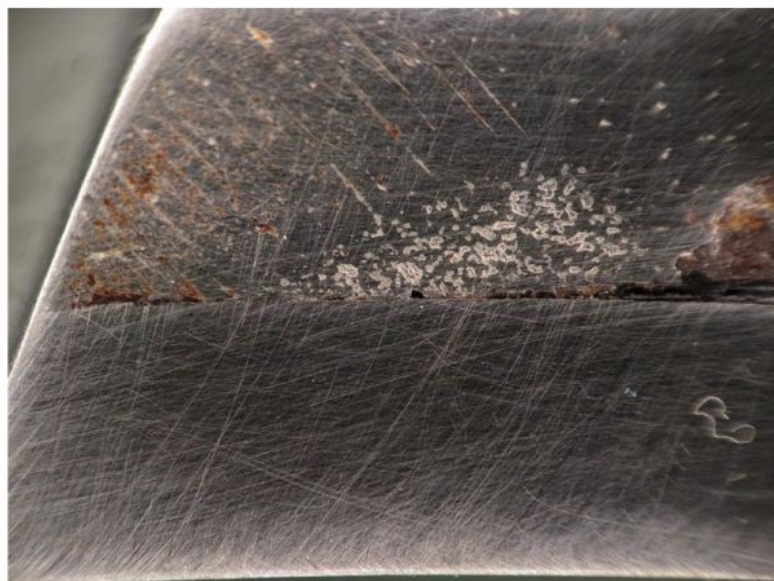
Дефект металла

CLOSE X



Дефект образца для МПД

CLOSE X



Дефект металла

CLOSE X



Дефект образца для капиллярной дефектоскопии

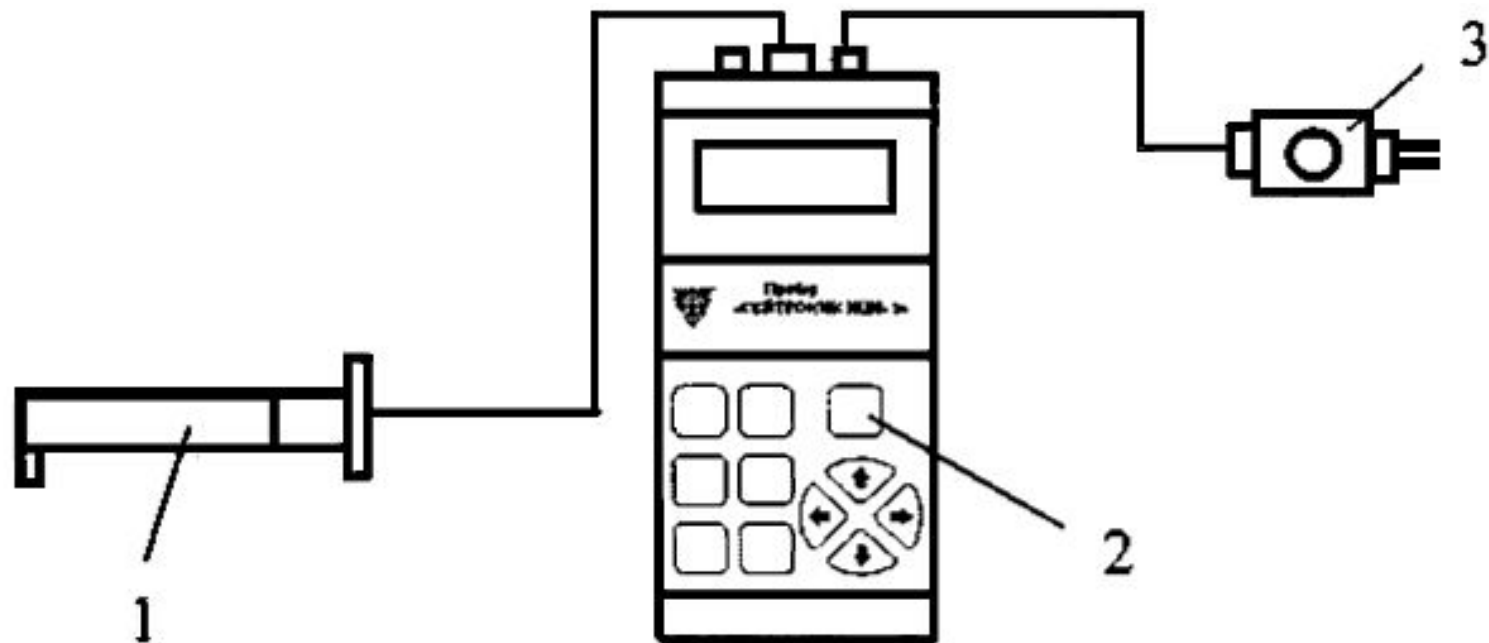
CLOSE X

Профилометры

- [Профилометр](#) - прибор для измерения шероховатости поверхности.
- Для измерения шероховатости применяются контактные и бесконтактные профилометры. В контактных приборах, в качестве щупа применяется алмазная игла, которая перемещается по определенной линии (трассе) относительно поверхности. Неровности вызывают механические колебания иглы, в результате которых формируется электрический сигнал, пропорциональный размерам неровностей. К бесконтактным методам измерения шероховатости относятся оптические (теневой проекции, светового сечения и интерференционные) и лазерные (метод сдвига частоты излучения).
- Большинство современных стандартов, в том числе [ГОСТ 19300](#) и [ГОСТ 2789](#), были разработаны именно для контактных методов измерений. Контактные профилометры имеют ряд преимуществ. Они обеспечивают высокую точность благодаря малому радиусу кривизны алмазной иглы. При исследовании загрязненных поверхностей бесконтактные профилометры могут выдавать искаженные значения вследствие сканирования не шероховатости поверхности, а ее загрязнений.
- Количественно шероховатость оценивают следующими основными параметрами: R_a — среднее арифметическое значений отклонения профиля от средней линии; R_z — высота неровностей профиля по десяти точкам (среднее от суммы высоты пяти наиболее высоких выступов и глубины наиболее глубоких впадин); R_y — наибольшая высота профиля, определяемая суммой высоты наибольшего выступа профиля и наибольшей впадины профиля от средней линии; R_q — среднеквадратическое отклонение профиля (квадратный корень из среднего арифметического квадратов значений отклонения профиля от средней линии).
- Метрологическая служба НТЦ «Эксперт» оказывает [услуги по контролю шероховатости](#). При необходимости проведения комплексного неразрушающего контроля, можете ознакомиться с услугами [штатной лаборатории НК](#).



- Рисунок 11 - Портативный измеритель шероховатости наружной поверхности (профилометр)



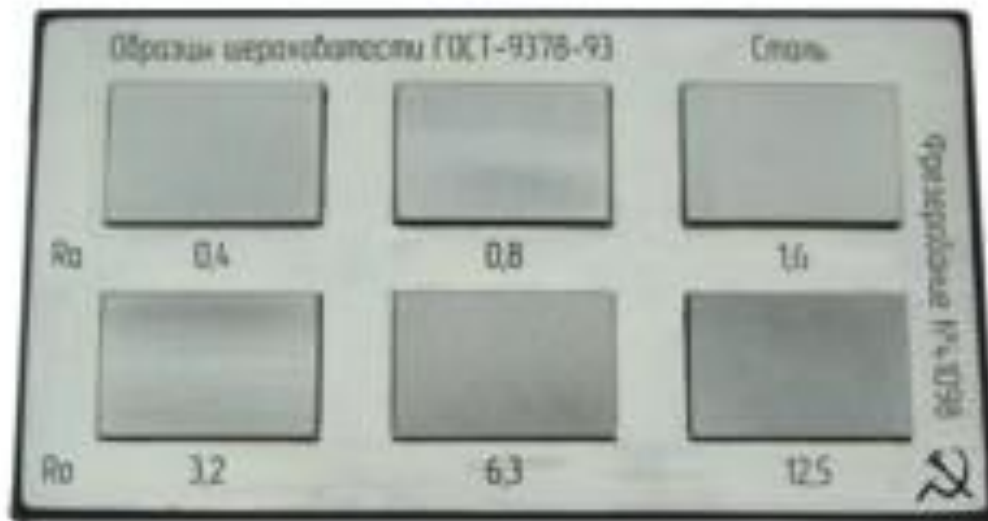
- Рисунок 12 - Профилограф-профилометр « СЕЙТРОНИК ПШ8-3 (С.С.)
- а) первичного преобразователя 1;
- б) микропроцессорного блока 2;
- в) источника питания постоянного тока (адаптера) 3.

Образцы шероховатости

- **Образцы шероховатости поверхности** (сравнения) – это образцы, имеющие известные параметры шероховатости. Под шероховатостью поверхности понимается совокупность неровностей, образующих ее рельеф. Образцы шероховатости (ОШС) получают определенным способом обработки - расточкой, точением, фрезерованием, строганием, шлифованием, полированием и т.д. Материал образцов – сталь, медь, алюминий, титан, латунь и другие металлы. Общие технические условия для эталонов шероховатости определены [ГОСТ 9378](#). Образцы шероховатости можно купить виде наборов или по отдельности.
- Образцы шероховатости являются профессиональным инструментом и служат для оценки [шероховатости поверхностей](#), полученных тем или иным способом обработки, путем сравнения – визуально и на ощупь. Образцы применяются на машиностроительных, ремонтных и других предприятиях для экспресс оценки шероховатости на рабочих местах и в лабораториях службы ОТК.

- Образцы шероховатости поверхности (сравнения) – это образцы, имеющие известные параметры шероховатости. Под шероховатостью поверхности понимается совокупность неровностей, образующих ее рельеф. Образцы шероховатости (ОШС) получают определенным способом обработки – расточкой, точением, фрезерованием, строганием, шлифованием, полированием и т.д. Материал образцов – сталь, медь, алюминий, титан, латунь и другие металлы. Общие технические условия для эталонов шероховатости определены [ГОСТ 9378](#). Образцы шероховатости можно купить в виде наборов или по отдельности.
- Образцы шероховатости являются профессиональным инструментом и служат для оценки [шероховатости поверхностей](#), полученных тем или иным способом обработки, путем сравнения – визуально и на ощупь. Образцы применяются на машиностроительных, ремонтных и других предприятиях для экспресс оценки шероховатости на рабочих местах и в лабораториях службы ОТК.
- Образцы шероховатости входят в [обязательный перечень оборудования для аттестации лаборатории НК](#) по [визуальному методу](#), а так же в таблицу технической оснащенности лабораторий контроля качества [ПАО «Транснефть»](#). Параметры и характеристики шероховатости определяются в соответствии с [ГОСТ 2789](#), обозначения шероховатости поверхностей – по [ГОСТ 2.309](#). Методика поверки образцов шероховатости регламентируется [МИ 1850](#). Протокол поверки образцов шероховатости можно скачать [здесь](#). Образцы шероховатости входят в область аккредитации [метрологической службы НТЦ «Эксперт» \(образец сертификата\)](#) оказывающей [услуги по контролю шероховатости](#). При необходимости проведения комплексного неразрушающего контроля, можете ознакомиться с услугами [штатной лаборатории НК](#).
- **Количественно шероховатость оценивают следующими параметрами:**
 - R_a — среднее арифметическое отклонение профиля;
 - R_z — высота неровностей профиля по десяти точкам;
 - R_{max} — наибольшая высота неровностей профиля.
- Ряды номинальных значений параметра шероховатости R_a в зависимости от способа обработки образцов и базовые длины должны соответствовать требованиям [ГОСТ 9378](#) (см. таблицу). По требованию заказчика шероховатость может дополнительно оцениваться другими параметрами (R_z , R_{max} и др.), значения которых приводятся как справочные по результатам измерений. Примерная переводная таблица параметров шероховатости R_a / R_z с привязкой к классам шероховатости из утратившего силу [ГОСТа 2789-59](#) приведена ниже.

- - Образцы шероховатости типа ОШ



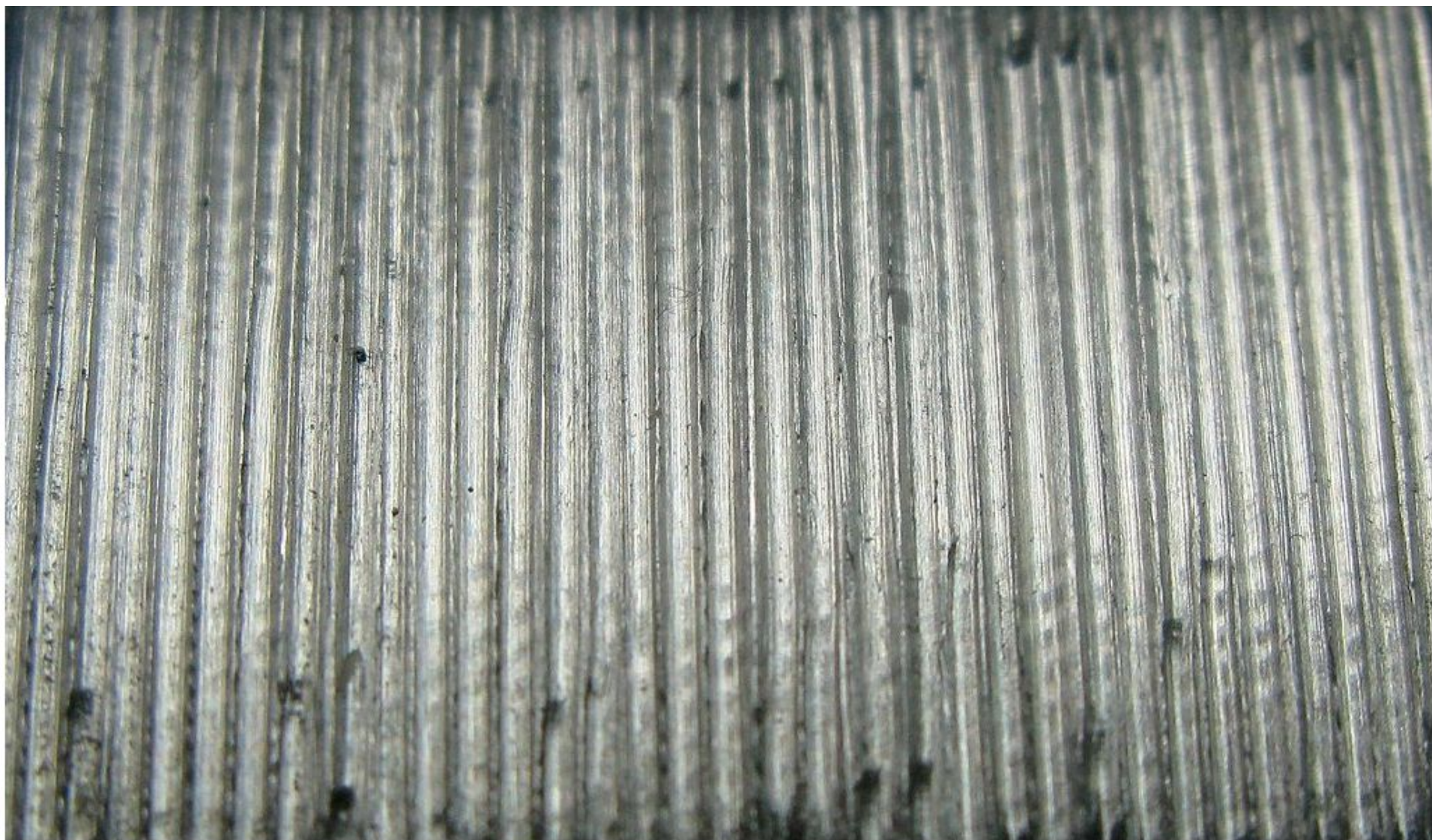
Класс чистоты поверхности	Среднеарифметическо е отклонения профиля Ra, мкм	Высота неровностей Rz, мкм	Базовая длина l, мм
	не более		
1	80	320	8
2	40	160	8
3	20	80	8
4	10	40	2,5
5	5	20	2,5
6	2,5	10	0,8
7	1,25	6,3	0,8
8	0,63	3,2	0,8
9	0,32	1,6	0,25
10	0,16	0,8	0,25
11	0,08	0,4	0,25
12	0,04	0,2	0,25
13	0,02	0,1	0,08
14	0,01	0,05	0,08

- Условное обозначение эталона шероховатости должно содержать номинальное значение параметра Ra (Rz), условное обозначение способа обработки и обозначение стандарта. Пример условного обозначения образца для оценки стальных поверхностей, полученного расточкой, с номинальным значением Ra 3,2 мкм: Образец шероховатости 3,2 R сталь, [ГОСТ 9378](#).
- Параметры шероховатости поверхности измеряются с помощью [профилометра](#). В данном приборе сигнал получается от датчика с алмазной иглой, которая перемещается перпендикулярно исследуемой поверхности. Сигнал проходит электронное усиление и интегрируется для формирования усредненного параметра. Результаты измерения отсчитываются на шкале в виде численных значений. Метрологическая аттестация образцов шероховатости может проводиться по методике МИ 1850 с оформлением сертификата о калибровке. Гарантийный срок эксплуатации образцов - 24 месяца со дня ввода в эксплуатацию.
- В следующей таблице перечислены основные способы обработки образцов их обозначения и параметры.

Способ обработки	Форма образца	Фото образца	Параметр шероховатости Ra , мкм ¹
Шлифование периферией круга (ШП ШЦ ШЦВ)	Плоская Цилиндрическая выпуклая Цилиндрическая вогнутая		0,050; 0,100; 0,200; 0,400; 0,800; 1,600; 3,200
Шлифование торцовое (ШТ)	Плоская		
Шлифование чашеобразным кругом (ШЧ)	Плоская		
Фрезерование цилиндрическое (ФЦ)	Плоская		0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5
Фрезерование торцовое (ФТ)	Плоская		
Фрезерование торцовое перекрещивающееся (ФТП)	Плоская		
Точение (Т)	Цилиндрическая выпуклая		0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5
Расточка (Р)	Цилиндрическая вогнутая		
Точение торцовое (ТТ)	Плоская		
Строгание (С)	Плоская		0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25,0
Дробеструйная обработка (ДС)	Плоская		0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25,0
Пескоструйная обработка (ПС)	Плоская		
Полирование (ПП ПЦ)	Плоская Цилиндрическая выпуклая		0,0125; 0,025; 0,050; 0,100; 0,200
Ручное опилование (РО)	Плоская		Rz 80; 40; 20; 10; 5; 2,5
Электроэрозионная обработка (Э, EDM)	Плоская		Ra 0,63; 1,25; 2,5; 5; 10
Литье (Л)	Плоская		

Способ обработки	Форма образца	Фото образца	Параметр шероховатости Ra , мкм ¹
Шлифование периферией круга (ШП ШЦ ШЦВ)	Плоская Цилиндрическая выпуклая Цилиндрическая вогнутая		0,050; 0,100; 0,200; 0,400; 0,800; 1,600; 3,200
Шлифование торцовое (ШТ)	Плоская		
Шлифование чашеобразным кругом (ШЧ)	Плоская		

Фрезерование цилиндрическое (ФЦ)	Плоская	
Фрезерование торцовое (ФТ)	Плоская	
Фрезерование торцовое перекрещивающееся (ФТП)	Плоская	
Точение (Т)	Цилиндрическая выпуклая	
Расточка (Р)	Цилиндрическая вогнутая	
Точение торцовое (ТТ)	Плоская	

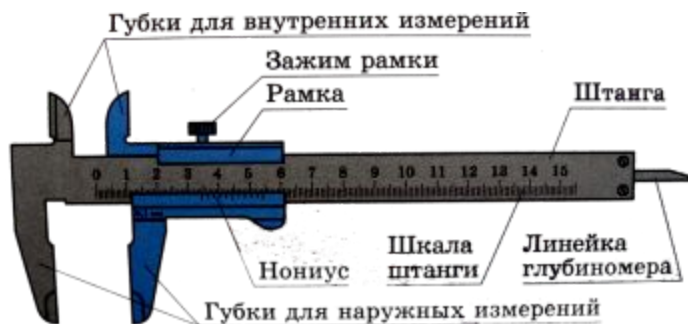


ОШС С образец шероховатости - строгание Rz320

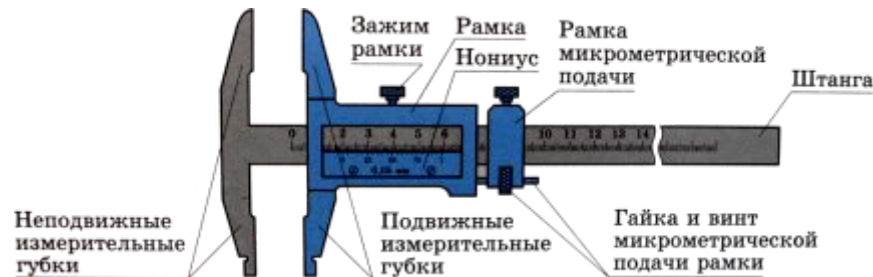
Меры профильные ПРО-10

- Профильные меры ПРО-10, предназначены для передачи размера единицы длины при измерении параметров шероховатости Ra, Rz, R и RSm в диапазоне от 10^{-8} до 10^{-4} м. В отличие от описанных выше образцов шероховатости сравнения, которые служат для визуальной оценки шероховатости полученной различными способами обработки, профильные меры ПРО-10 используются для поверки (калибровки) профилометров и других приборов, в том числе оптических, электронных и других микроскопов. Меры ПРО-10 [внесены в Госреестр](#) и признаны годными к применению по 2-му разряду.
- Меры представляют собой кремниевые пластинки с периодическими линейными неровностями трапецеидального профиля, выполненные методом масочного травления и вклеенные в массивное основание. Меры поставляются отдельно или наборами с параметрами по количеству поддиапазонов измерения поверяемого средства измерений.
- Поверка мер осуществляется в соответствии с документом «Меры профильные ПРО-10. Методика поверки», утвержденным ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС». ([образец свидетельства о поверке](#)). Средство поверки - прибор для измерения текстуры поверхности 1го разряда серии Form Talysurf, фирмы Taylor Hobson, производства Великобритании.

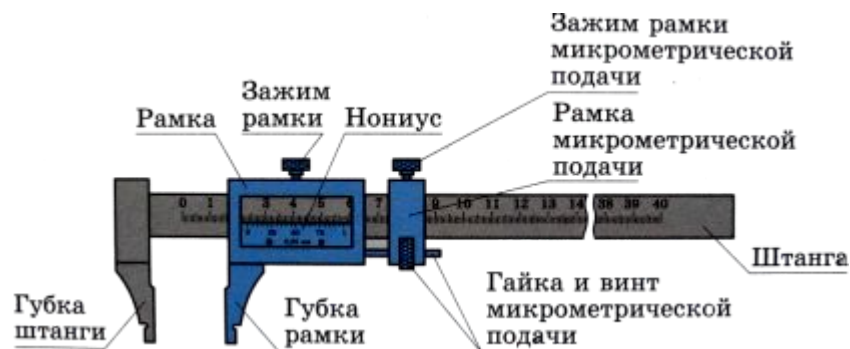
ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТЫ



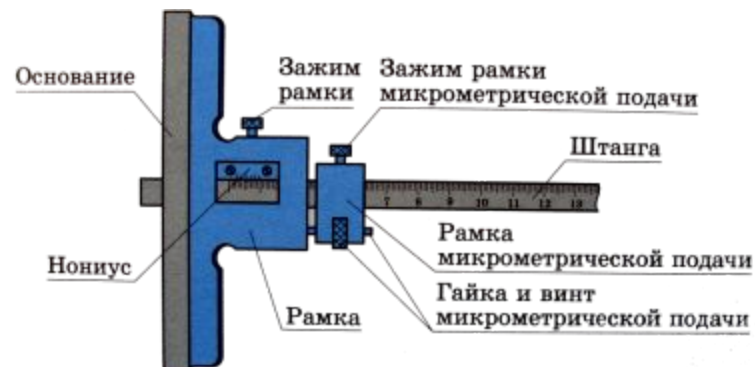
Штангенциркуль ШЦ-I



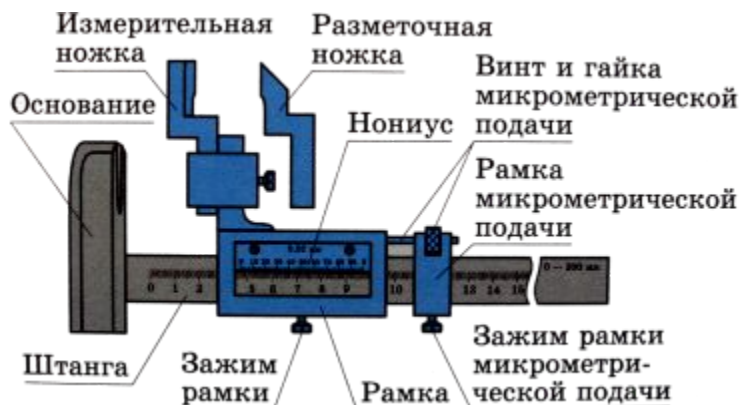
Штангенциркуль ШЦ-II



Штангенциркуль ШЦ-III



Штангенглубиномер



Штангенрейсмас

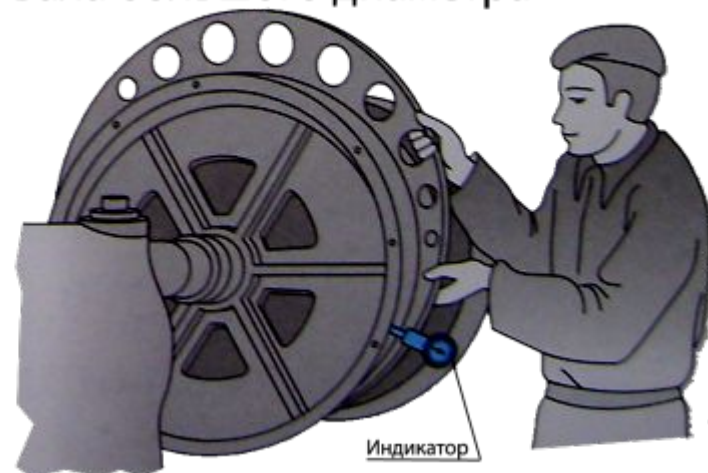
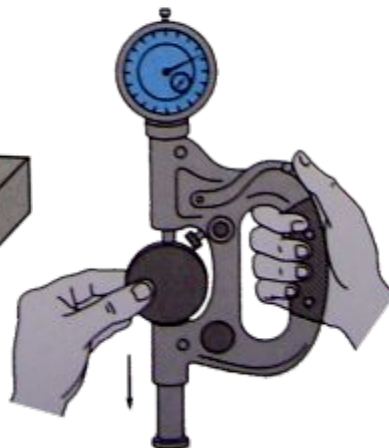
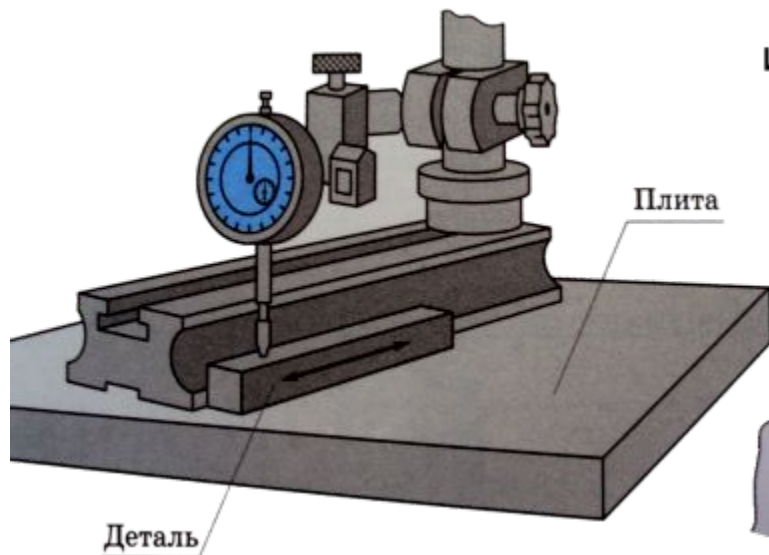
ИНДИКАТОРНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

ИНДИКАТОР ЧАСОВОГО ТИПА



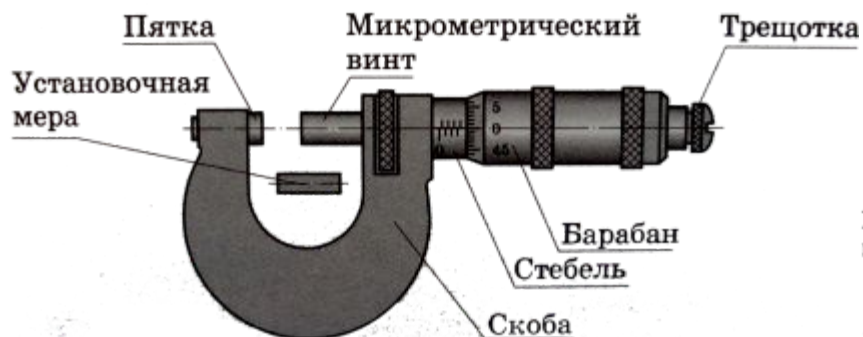
Измерение
индикаторной
скобой

Измерение индикаторной скобой
вала большого диаметра

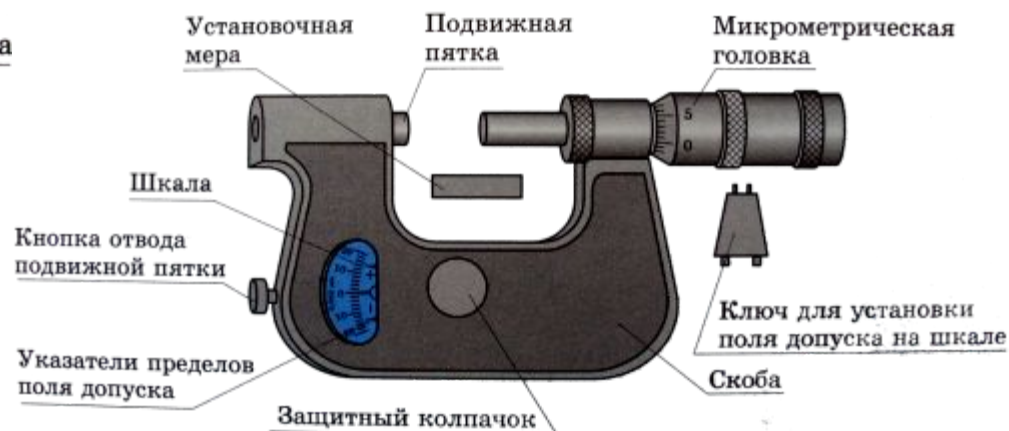


МИКРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

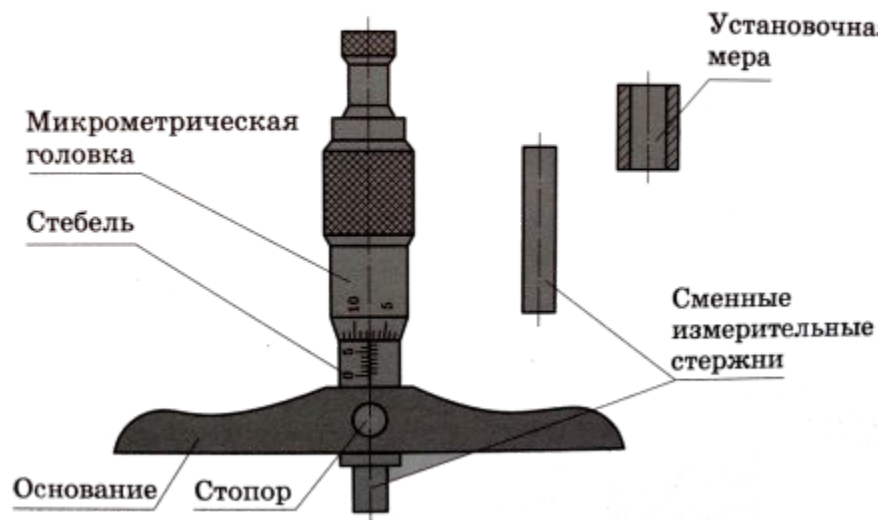
МИКРОМЕТР



РЫЧАЖНЫЙ МИКРОМЕТР



МИКРОМЕТРИЧЕСКИЙ ГЛУБИНОМЕР



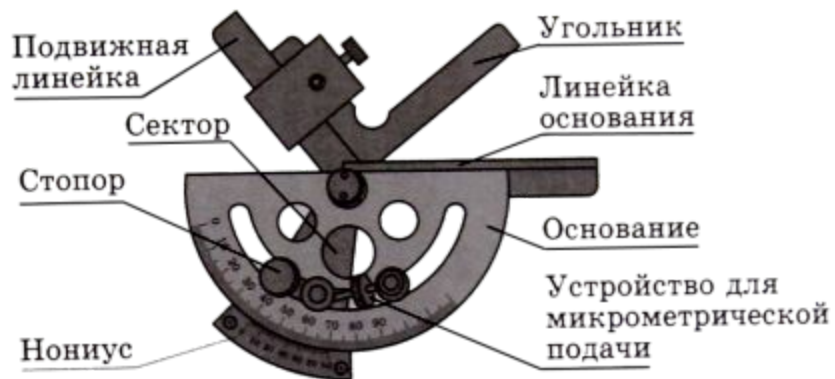
МИКРОМЕТРИЧЕСКИЙ НУТРОМЕР



КОНТРОЛЬ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Универсальным угломером

Универсальный угломер



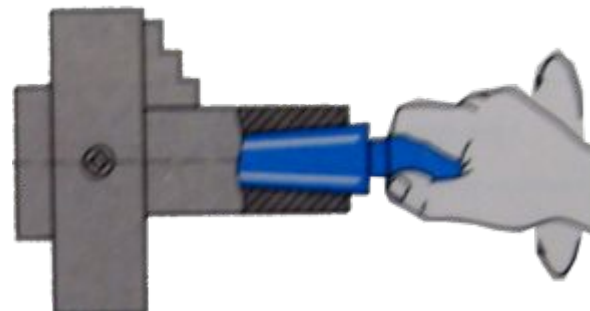
Измерение закрепленной конусной детали



Примеры пользования угломером



Контроль - калибр пробкой



КОНТРОЛЬ РЕЗЬБОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Резьбовые калибры

Пробка



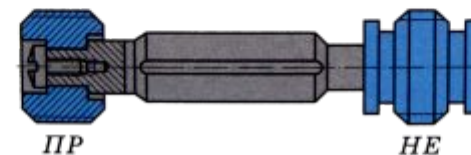
Роликовая скоба



РЕЗЬБОВЫЕ КАЛИБРЫ Предельная пробка со вставками и коническим хвостовиком от 1 до 100 мм



Предельная пробка с насадками от 52 до 90 мм



ПР — проходной калибр; НЕ — непроходной калибр

НАБОР РЕЗЬБОВЫХ ШАБЛОНОВ

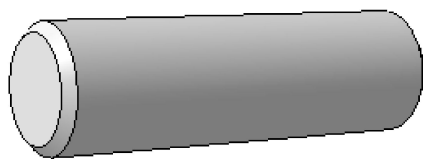


РЕЗЬБОВОЙ МИКРОМЕТР СО ВСТАВКАМИ

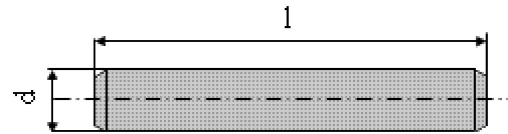


Различают *три основных вида* размеров:

1. Охватываемые размеры. **Вал** – термин, условно применяемый для обозначения наружных (охватываемых)

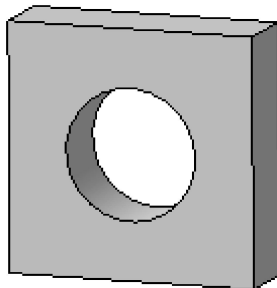


и

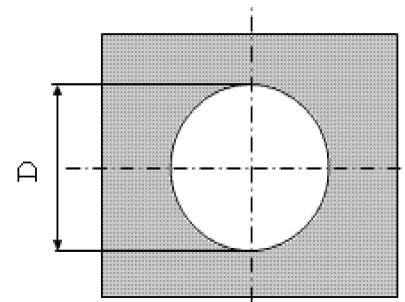


2. Охватывающие размеры. **Отверстие** – термин, условно применяемый для обозначения внутренних (охватывающих)

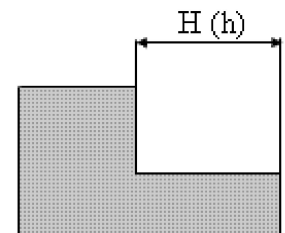
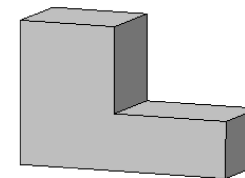
э



этале



3. Полуоткрытые размеры.



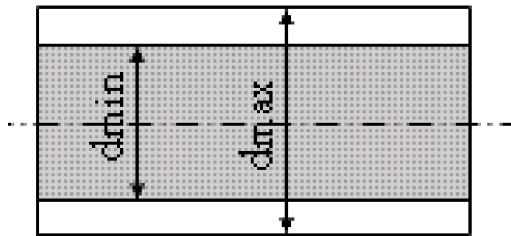
В обозначениях размеров деталей используются буквы латинского алфавита:

1. Для *охватываемых* размеров применяют *строчные* буквы (a,b,c,d....).
2. Для *охватывающих* размеров применяют *прописные* буквы (A,B,C,D...).
3. Для *полуоткрытых* размеров можно использовать как строчные, так и прописные буквы.

Понятия о номинальном, действительном и предельных размерах деталей, о предельных отклонениях и допуске

- *Размер* — это числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. д.) в выбранных единицах измерения. Размеры подразделяют на номинальные, действительные и предельные.
- *Номинальный* — это размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит также началом отсчета отклонений.
- Номинальный размер — это основной размер, полученный на основе кинематических, динамических и прочностных расчетов или выбранный из конструктивных, технологических, эксплуатационных, эстетических и других соображений.

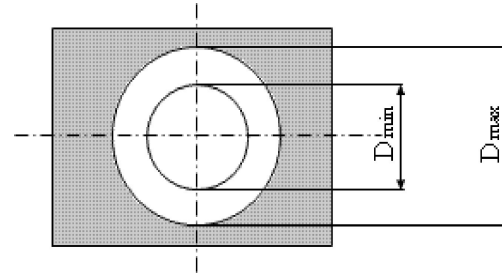
Предельные размеры: два предельно допустимых размера элемента, между которыми должен находиться (или которым может быть равен) действительный размер.



Предельные размеры вала
отверстия

D_{max} , d_{max} – наибольший предельный размер: наибольший допустимый размер элемента

D_{min} , d_{min} – наименьший предельный размер: наименьший допустимый размер элемента.

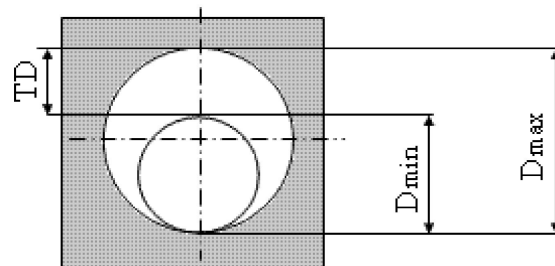
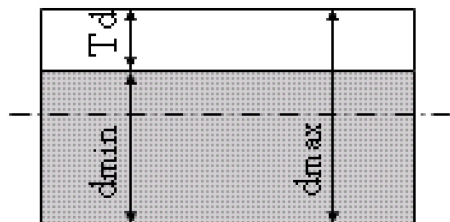


Предельные размеры

Действительный — это размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

Действительным **не является** значение величины, которое ...имеет измеряемая величина

Допуск изготовления вала и отверстия



Действительный размер годного изделия d_d , (D_d) должен находиться между предельными размерами

$$d_{min} \leq d_d \leq d_{max};$$

$$D_{min} \leq D_d \leq D_{max}.$$

Допуск (T_D , T_d) – это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами отверстия или вала.

$$T_D = D_{max} - D_{min}; T_d = d_{max} - d_{min}.$$

Отклонение — это алгебраическая разность между размером (действительным, предельным и т. д.) и соответствующим номинальным размером.

Действительное отклонение — это алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.

Предельное отклонение — это алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами.

Предельные отклонения подразделяют на верхнее и нижнее. В ГОСТе 25346 - 89 приняты условные обозначения: верхнее отклонение отверстия **ES**, вала — **es**, нижнее отклонение отверстия **EI**, вала — **ei**.

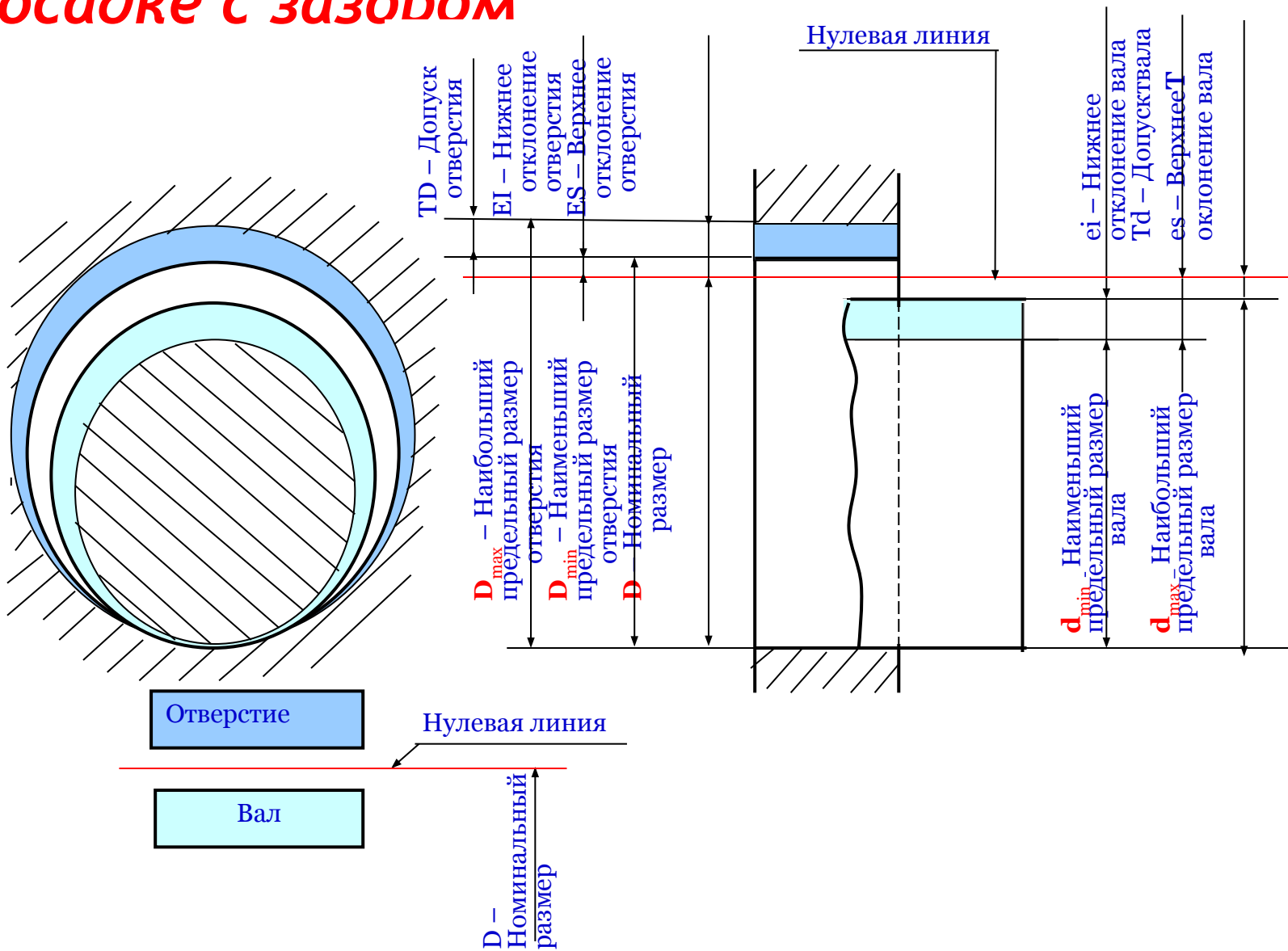
Верхнее отклонение (ES, es)

$ES = D_{\max} - D$ (для отверстия); $es = d_{\max} - d$ (для вала).

Нижнее отклонение (EI, ei)

$EI = D_{\min} - D$ (для отверстия); $ei = d_{\min} - d$ (для вала).

Поля допусков отверстия и вала при посадке с зазором



- **Допуск**—это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями

Наибольший предельный размер отверстия

$$D_{\max} = D_H + ES,$$

где D_H - номинальный диаметр отверстия.

Наименьший предельный размер отверстия

$$D_{\min} = D_H + EI.$$

Допуск отверстия

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI.$$

Наибольший предельный размер вала

$$d_{\max} = d_H + es,$$

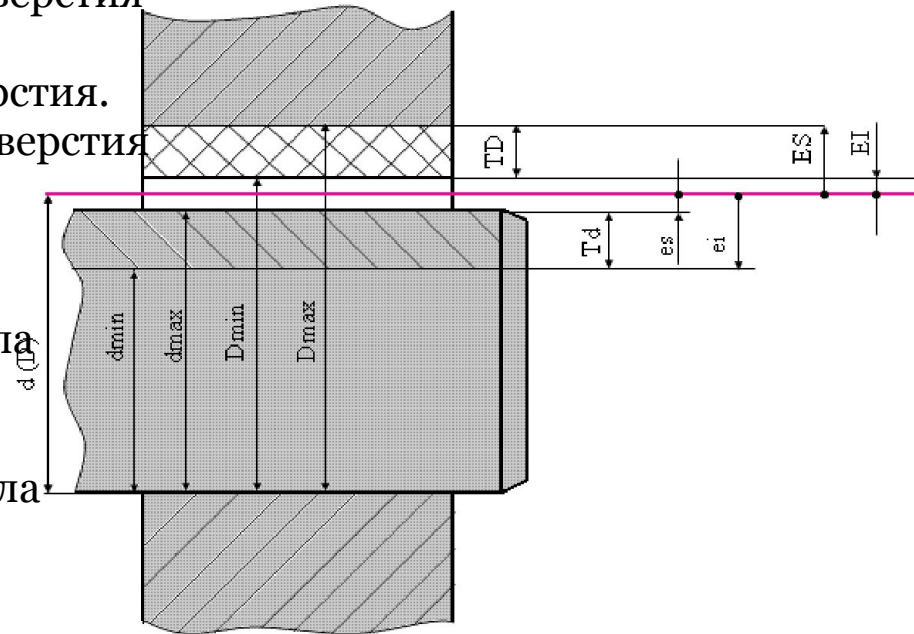
где d_H - номинальный диаметр вала.

Наименьший предельный размер вала

$$d_{\min} = d_H + ei.$$

Допуск вала

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei.$$

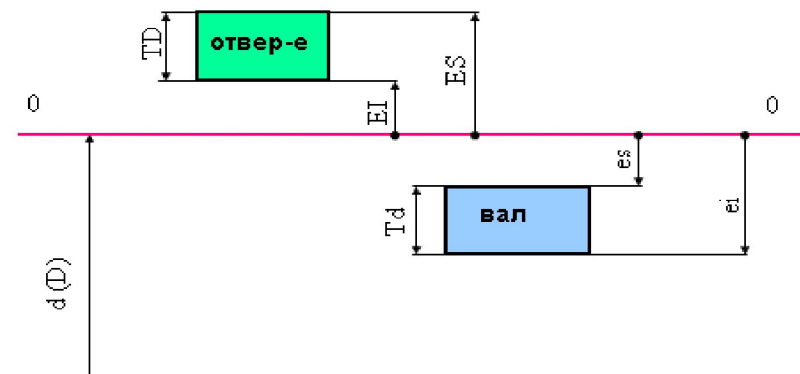


На схематическом изображении соединения показываются только поля допусков

Поле допуска — это поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями.

Поле допуска определяется 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

Линия, обозначенная на схеме $O - O$, называется **нулевой линией** и соответствует номинальному размеру соединения.



Виды посадок сопрягаемых элементов деталей

Посадкой называют характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов.

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадка может быть:

- с зазором,
- натягом или
- переходной.

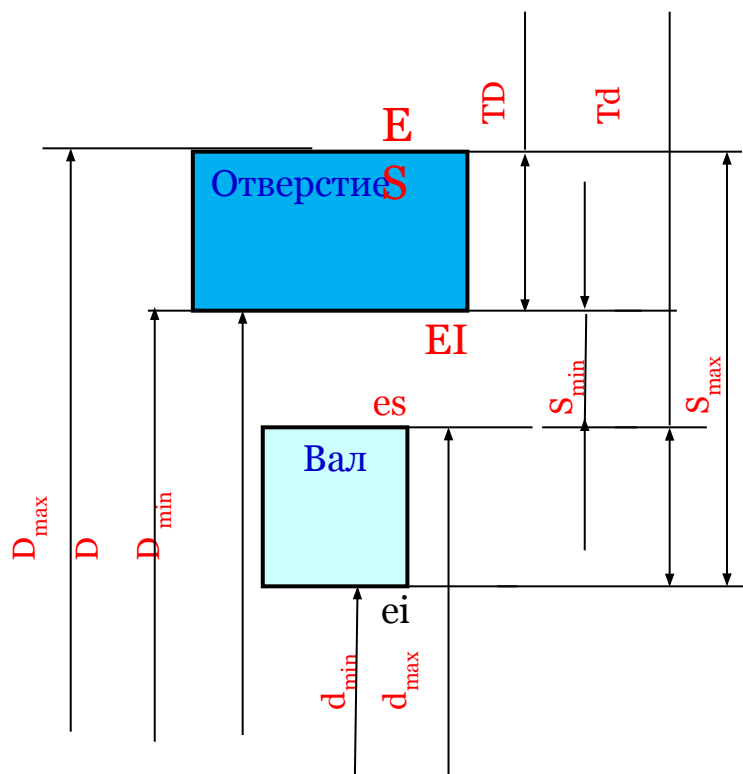
Посадка с зазором — посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении (поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала)

Посадка с натягом — посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении (поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала)

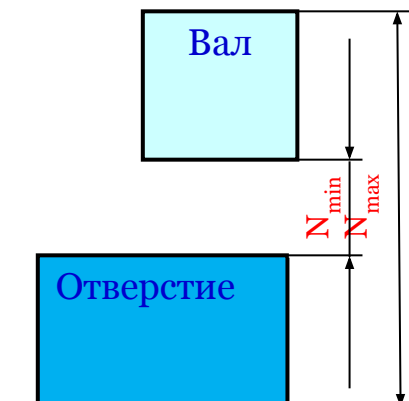
Переходная посадка — посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью).

Схемы полей допусков посадок

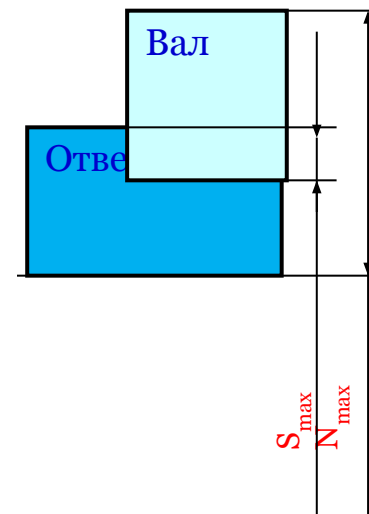
с зазором



с натягом



переходной



С гарантированным зазором

Зазор S - разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала.

Наибольший, наименьший и средний зазоры определяют по формулам

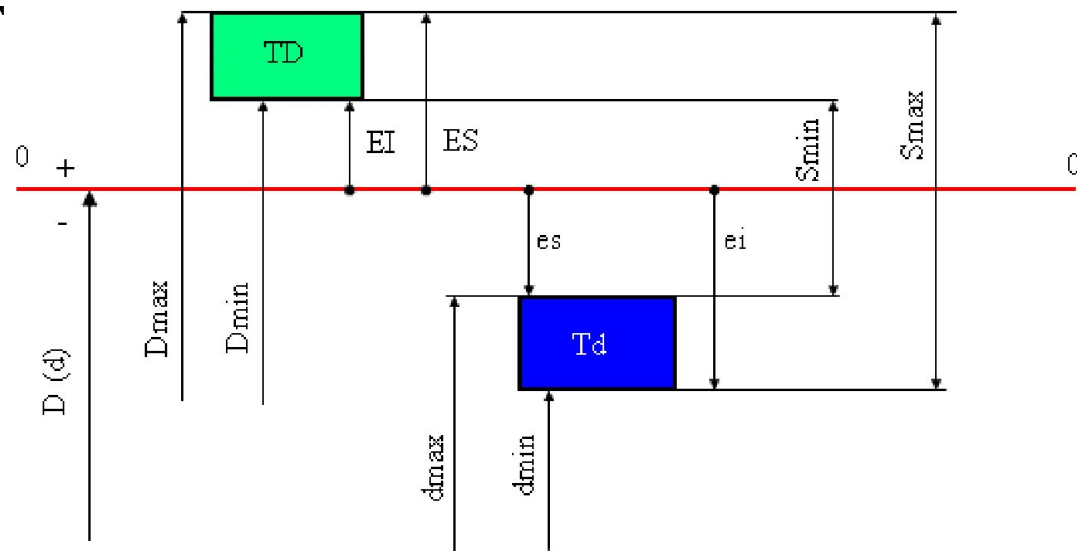
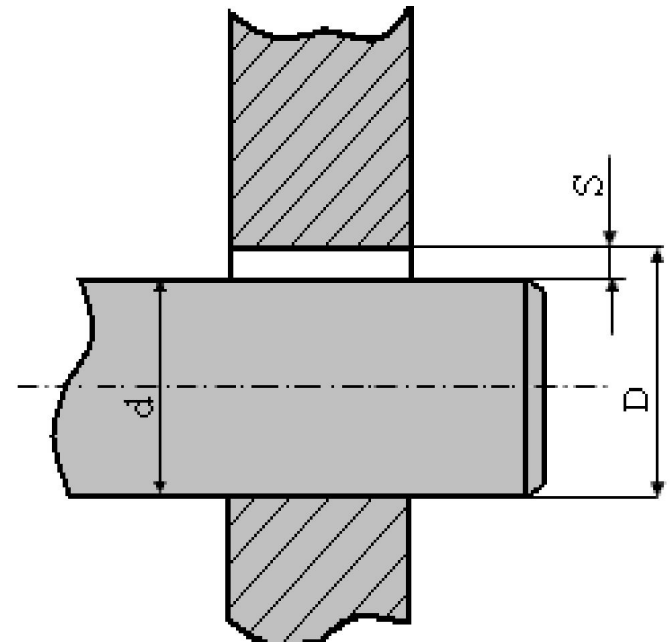
$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei,$$

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

$$S_m = (S_{\max} + S_{\min})/2.$$

Допуск зазора

$$T_s = S_{\max} - S_{\min} = T_D + T$$



С гарантированным натягом

Натяг N — разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия. Натяг обеспечивает взаимную неподвижность деталей после их сборки.

Наибольший, наименьший и средний натяги определяют по формулам

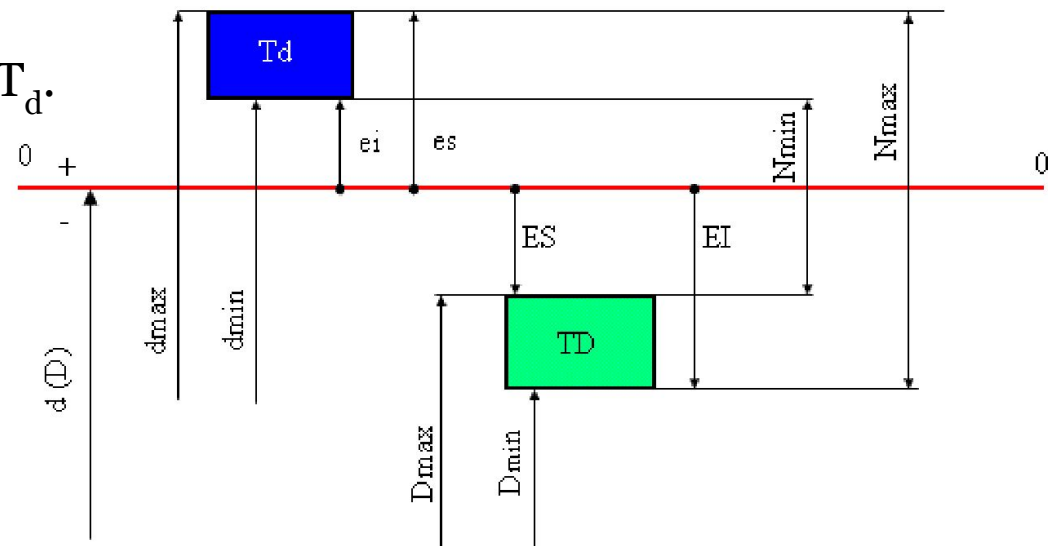
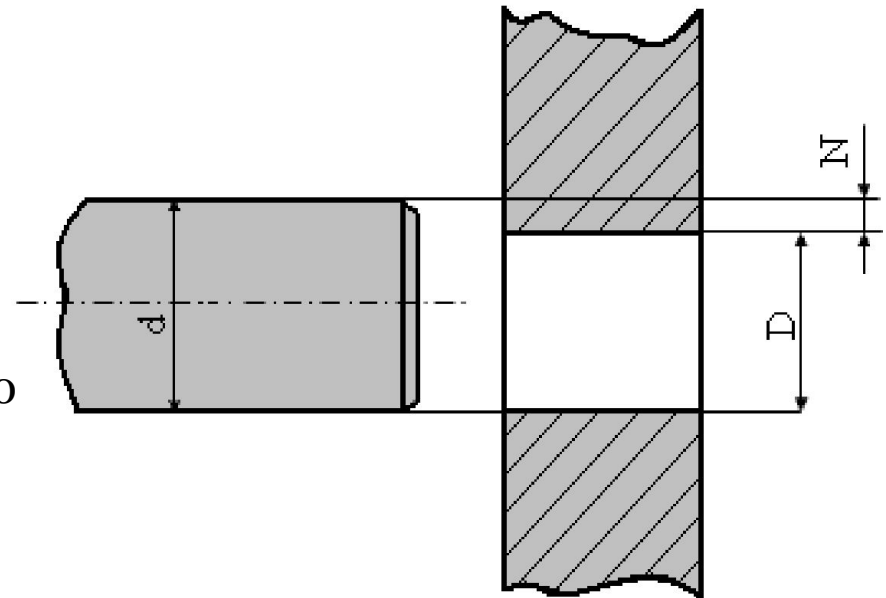
$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI,$$

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

$$N_m = (N_{\max} + N_{\min})/2.$$

Допуск натяга

$$T_s = N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d.$$



Палец запрессован в верхнюю головку шатуна с натягом и свободно вращается в бобышках поршня.



Поршневой палец должен устанавливаться простым нажатием большого пальца руки



Проверка посадки поршневого пальца



Напрессовка подшипника на вал привода заднего моста

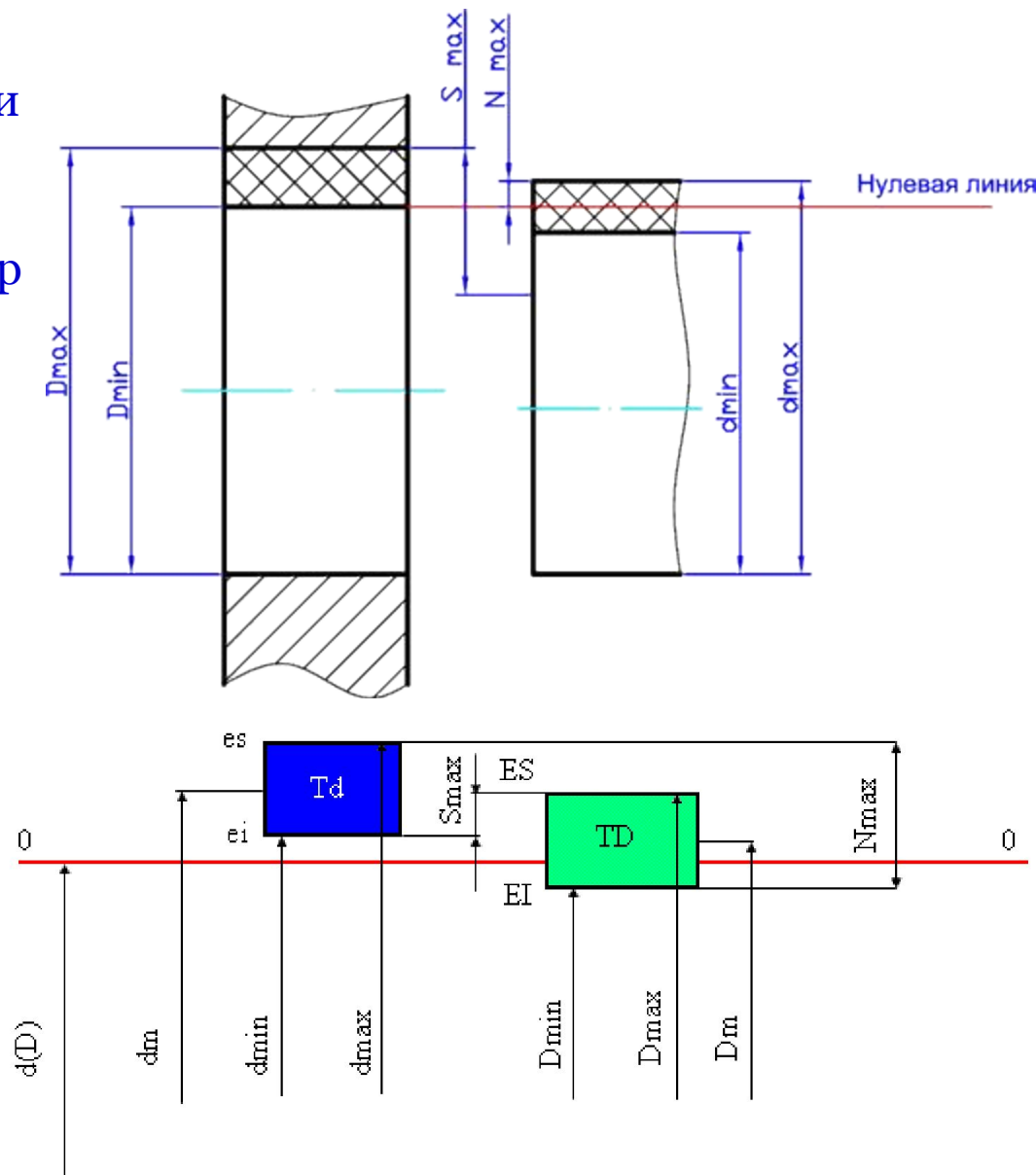
Переходные

Образуются при соединении вала и отверстия, причем в соединении может образоваться и натяг и зазор

$N_{max} = es - EI$ –
максимальный натяг.

$S_{max} = ES - ei$ –
максимальный зазор.

$TN = TS = N_{max} - N_{min} =$
 $S_{max} - S_{min}$ – допуск посадки



- Количественной характеристикой посадки **не является** ...значение действительного зазора или натяга. Количественными характеристиками посадки являются:
 - допуск посадки, равный сумме допусков вала и отверстия;
 - наибольший зазор или натяг ($S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$ или $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$);
 - наименьший зазор или натяг ($S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}$ или $N_{\min} = d_{\min} - D_{\max}$).Действительные зазоры и натяги являются случайными величинами, поэтому не могут характеризовать посадку.

Пример

Для посадки $\varnothing 65 \text{ H7/n6}$ выполняем расчеты зазоров (натягов).

1. Отклонения отверстия $\varnothing 65 \text{ H7}$ выбираем по таблице предельных отклонений в системе отверстия при размерах до 500 мм. В интервале диаметров 50...80 мм для поля допуска H7 основного отверстия 7-го качества верхнее отклонение $ES = +30 \text{ мкм}$, нижнее отклонение $EI = 0$.
2. Отклонения вала $\varnothing 65 \text{ n6}$ выбираются по таблице предельных отклонений в системе отверстия при размерах до 500 мм. Верхнее отклонение размера вала $es = +39 \text{ мкм}$, нижнее отклонение размера вала $ei = +20 \text{ мкм}$.
3. Определяем предельные размеры и допуски размера отверстия и вала.

$$\text{Отверстие } D_{\max} = D_H + ES = 65 + 0,03 = 65,03 \text{ мм},$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 65 + 0 = 65 \text{ мм},$$

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI = 65,03 - 65 = 0,03 - 0 = 0,03 \text{ мм}.$$

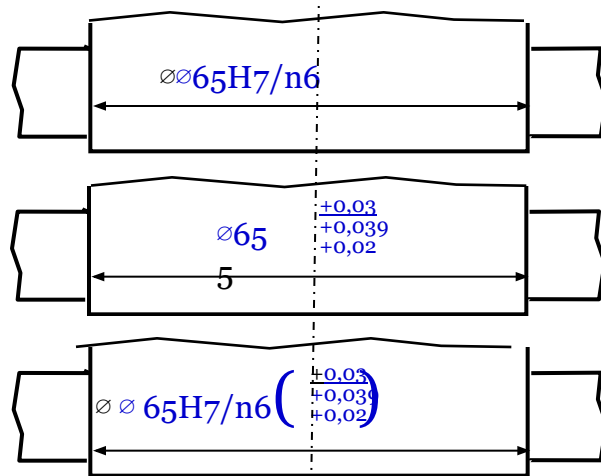
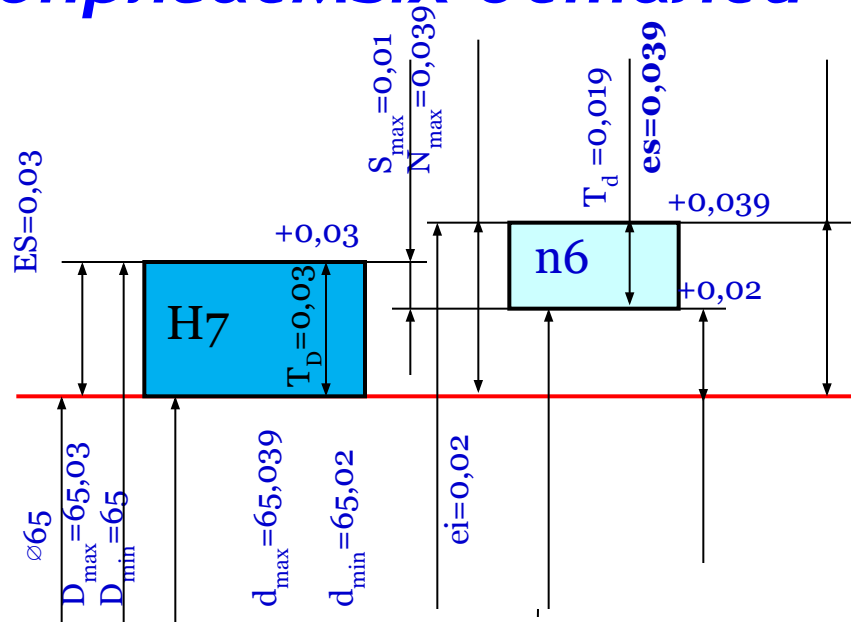
$$\text{Вал } d_{\max} = d_H + es = 65 + 0,039 = 65,039 \text{ мм},$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 65 + 0,02 = 65,02 \text{ мм},$$

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei = 65,039 - 65,02 = 0,039 - 0,02 = 0,019 \text{ мм}.$$

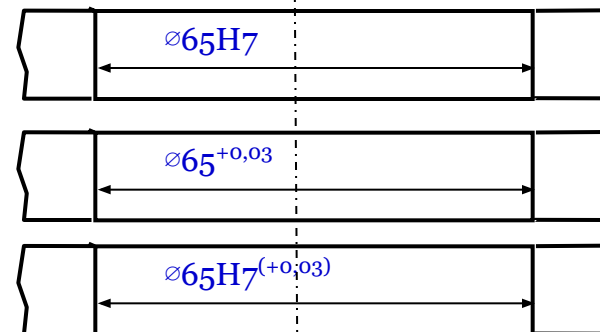
Схема полей допусков и эскизы сопрягаемых деталей

0

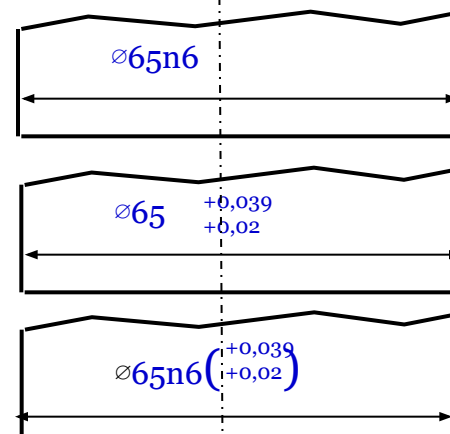


Сопряжения

Отверстия



Вала



Наибольшие и наименьшие табличные зазоры

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 65,03 - 65,02 = 0,01 \text{ мм},$$

$$S_{\min} = 65 - 65,039 = -0,039 \text{ мм}.$$

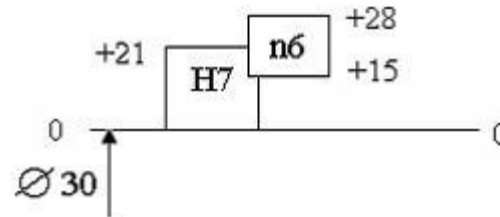
Знак минус указывает, что это натяг,

$$S_{\min} = -N_{\max} = -0,039 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = 0,039 \text{ мм}.$$

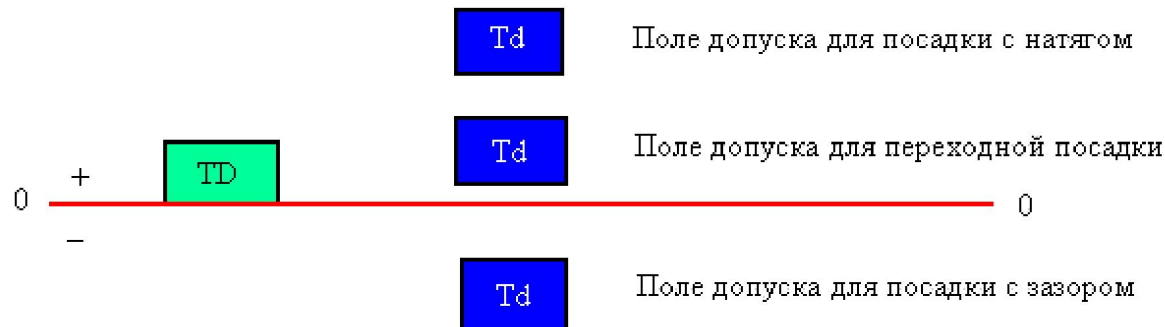
$$\text{Допуск посадки } T_{\text{пос}} = S_{\max} + N_{\max} = 0,01 + 0,039 = 0,049 \text{ мм}$$

- На схеме полей допусков, приведенной на рисунке, допуск посадки равен 0,034 мм.
- Допуск посадки равен сумме допусков вала и отверстия $T_S (T_N) = T_d + T_D$. На данной схеме полей допусков допуск отверстия $T_D = 0,021 - 0 = 0,021$ мм, а допуск вала $T_d = +0,028 - (+0,015) = 0,013$ мм. По относительному расположению полей допусков видно, что посадка переходная, следовательно, ее допуск $T_{S(N)} = 0,021 + 0,013 = 0,034$ мм.



Система отверстия и система вала

- **Основное отверстие** – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.
- **Основной вал** – вал, верхнее отклонение которого равно нулю.
- *Посадки в системе отверстия:* посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия



предпочтение отдается системе отверстия, поскольку при применении этой системы уменьшается номенклатура мерного режущего инструмента для обработки размеров отверстий. Валы обрабатывать проще, поэтому увеличение номенклатуры валов не приведет к существенному увеличению затрат. Следовательно, за исключением нескольких случаев посадки должны быть в системе отверстия.

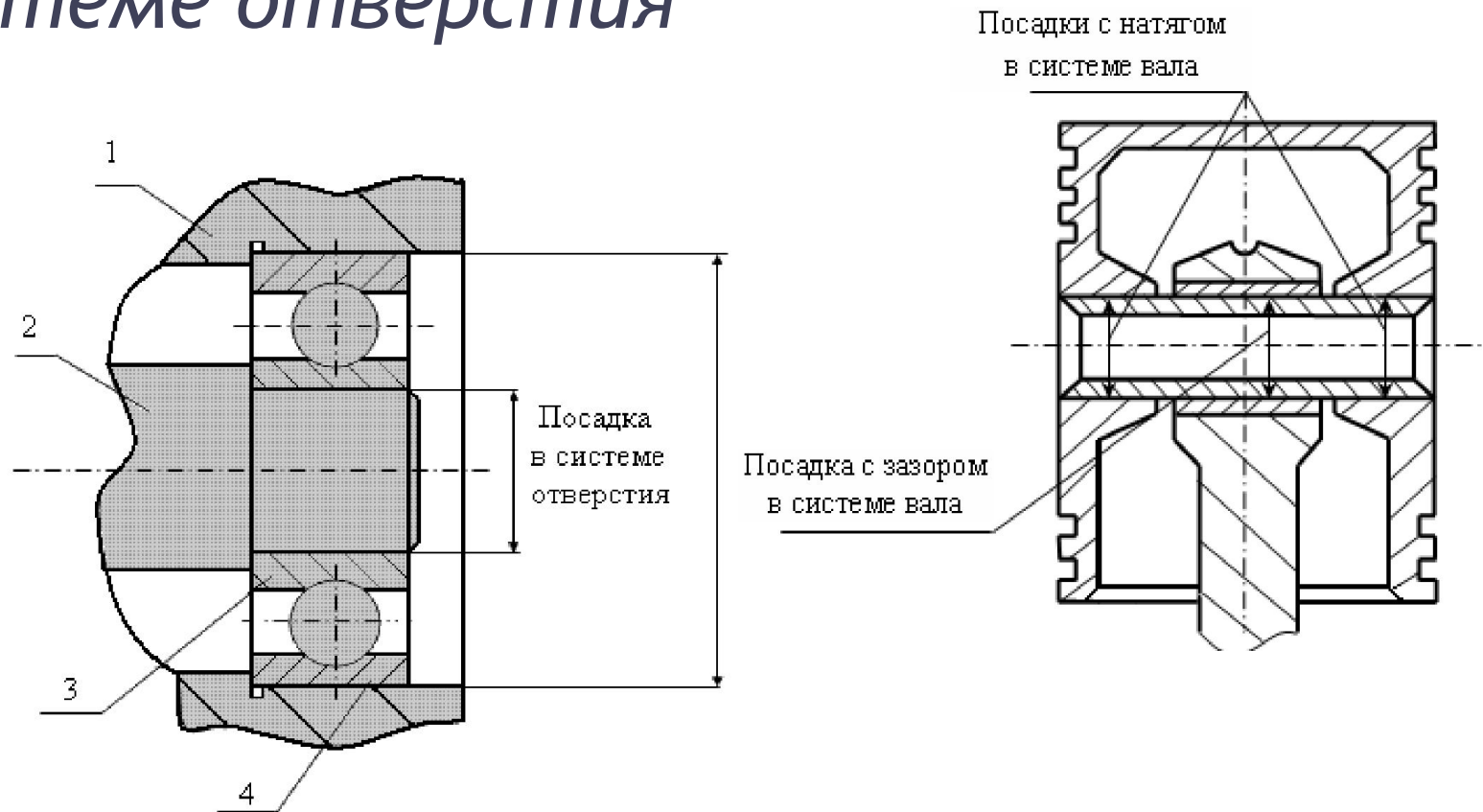
Различают две равноценные системы образования посадок — систему отверстия и систему вала

- *Посадки в системе отверстия* — это посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием. У основного отверстия нижнее отклонение равно нулю, а основное обозначается **H**. На чертеже такие посадки обозначаются следующим образом: $\varnothing 50H9/d9$; $\varnothing 50H7/r6$; $\varnothing 50H7/k6$.
- *Посадки в системе вала* — это посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом. У основного вала верхнее отклонение равно нулю, а основное обозначается **h**. На чертеже такие посадки обозначаются, например, $\varnothing 50 D9/h9$; $\varnothing 50R7/h6$; $\varnothing 50K7/h6$.

- *Посадки в системе вала:* посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков отверстий с полем допуска основного вала



Пример посадки в системе вала и системы отверстия



Система отверстия при назначении посадок применяется в случае, когда соединяется ... вал с внутренним кольцом подшипника качения

Пример

- Если на чертеже общего вида указана обозначение $\varnothing 20H7/k6$, то это посадка ... переходная в системе отверстия.
- По условному обозначению посадки сначала следует определить систему. В данном случае основным является отверстие, так как нижнее отклонение равно нулю только при основном отклонении H . Основное отклонение вала k при основном отверстии предназначено для получения переходных посадок.

Графическое изображение посадки с зазором в системе отверстия ($\varnothing 20$ H7/g6) и в системе вала ($\varnothing 20$ G7/h6)

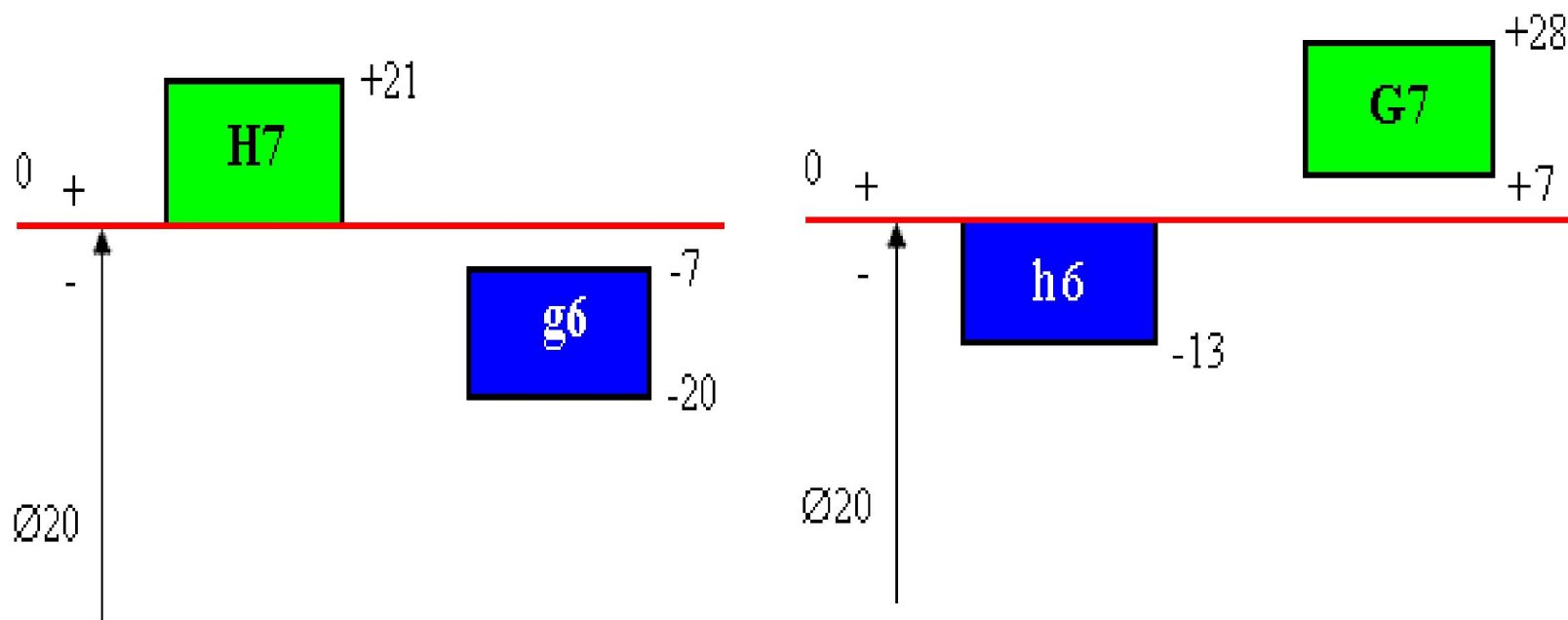
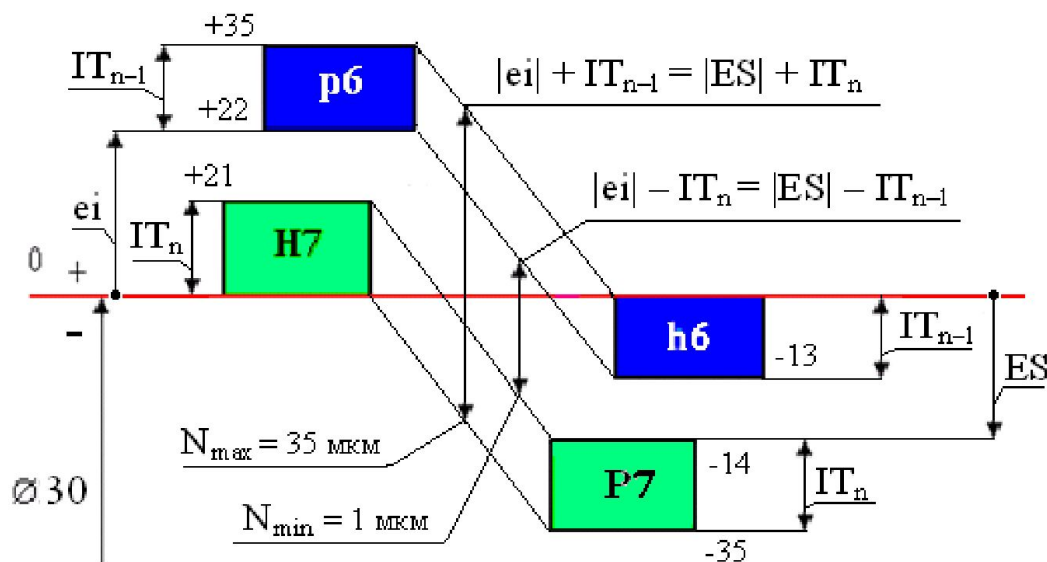


Схема определения основных отклонений по специальному правилу



Примеры посадок в системах

отверстия

вала

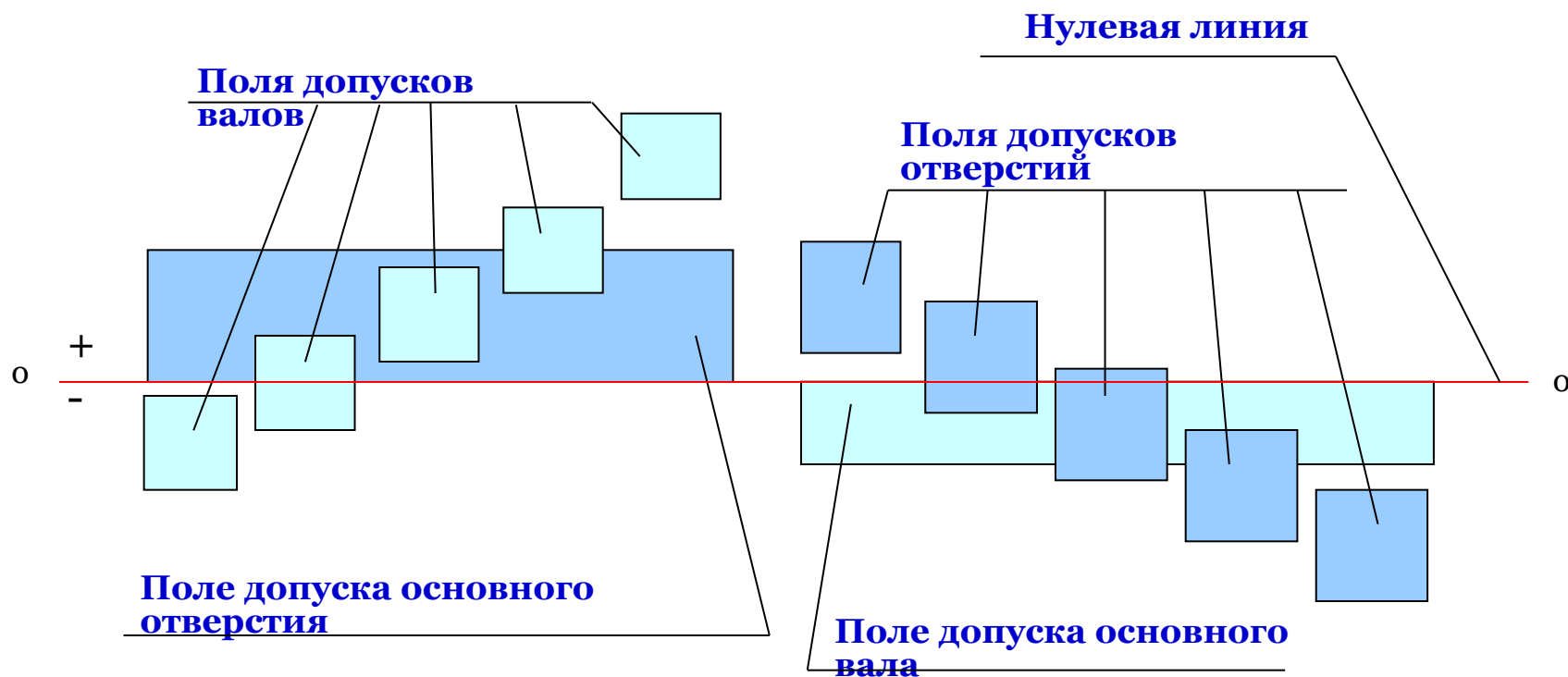
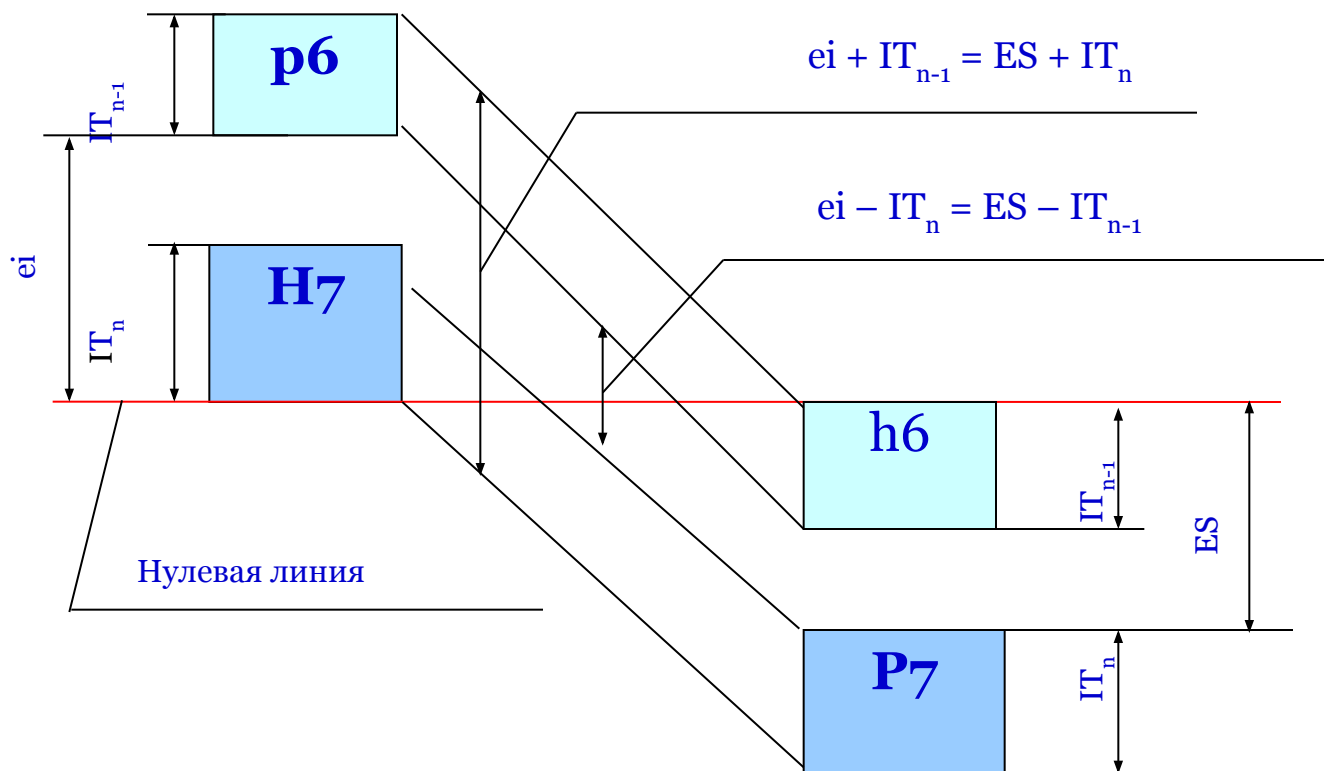


Схема определения основных отклонений отверстий по специальному правилу

Посадка в системе
отверстия

Посадка в системе
вала



Специальное правило определения основных отклонений отверстий:

две соответствующие друг другу посадки в системе отверстия и в системе вала, в которых отверстие данного качества соединяется с валом ближайшего, более точного качества (например, H7/p6 и P7/h6), должны иметь одинаковые зазоры и натяги :

$$E_s = - e_i + \Delta,$$

где $\Delta = IT_n - IT_{n-1}$, т. е. Δ равна разности между допуском рассматриваемого качества, с которым будет сочетаться данное основное отклонение, и допуском ближайшего, более точного качества.

Контроль гладких цилиндрических

- При контроле диаметра вала $100^{+0,014}_{-0,032}$ (соответствует $IT8$) предел допускаемой погрешности измерения целесообразно принять равным 11,5 мкм.
- Допуск размера $Td = (+0,014 - (-0,032)) = 0,046$ мм. В соответствии с ГОСТом 8.051 предел допускаемой погрешности измерений Δ_p может составлять 0,35 ... 0,2 от допуска контролируемого размера: для $IT10$ и более $\Delta_p = 0,2 IT$; для $IT8$, $IT9$ $\Delta_p = 0,25 IT$. Следовательно, для 8-го качества точности $\Delta_p = 0,25 \times Td = 0,0115$ мм = 11,5 мкм.

Контроль гладких цилиндрических изделий предельными калибрами

Для контроля гладких цилиндрических изделий типа валов и втулок с допуском от IT6 до IT17, особенно в крупносерийном и массовом производстве, широко применяют предельные гладкие калибры.



Валы и отверстия с допуском IT5 и точнее не рекомендуется проверять калибрами, так как они вносят большую погрешность измерения. Такие детали проверяют универсальными измерительными средствами.

Калибры

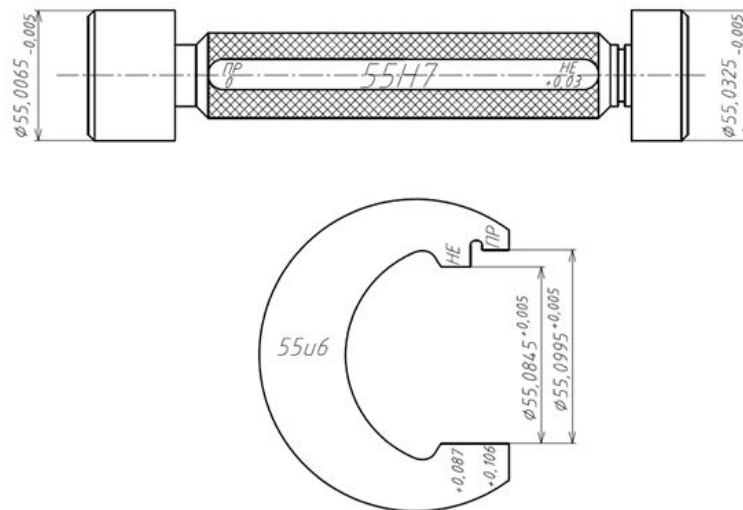


Калибры

Калибр – средство контроля, предназначенное для определения пригодности деталей (изготовления, ремонта), т.е. для определения находится проверяемая деталь в установленном допуске.

Калибры для отверстий называются *пробками*, а для валов – *скобами* (ГОСТ 24853-81).

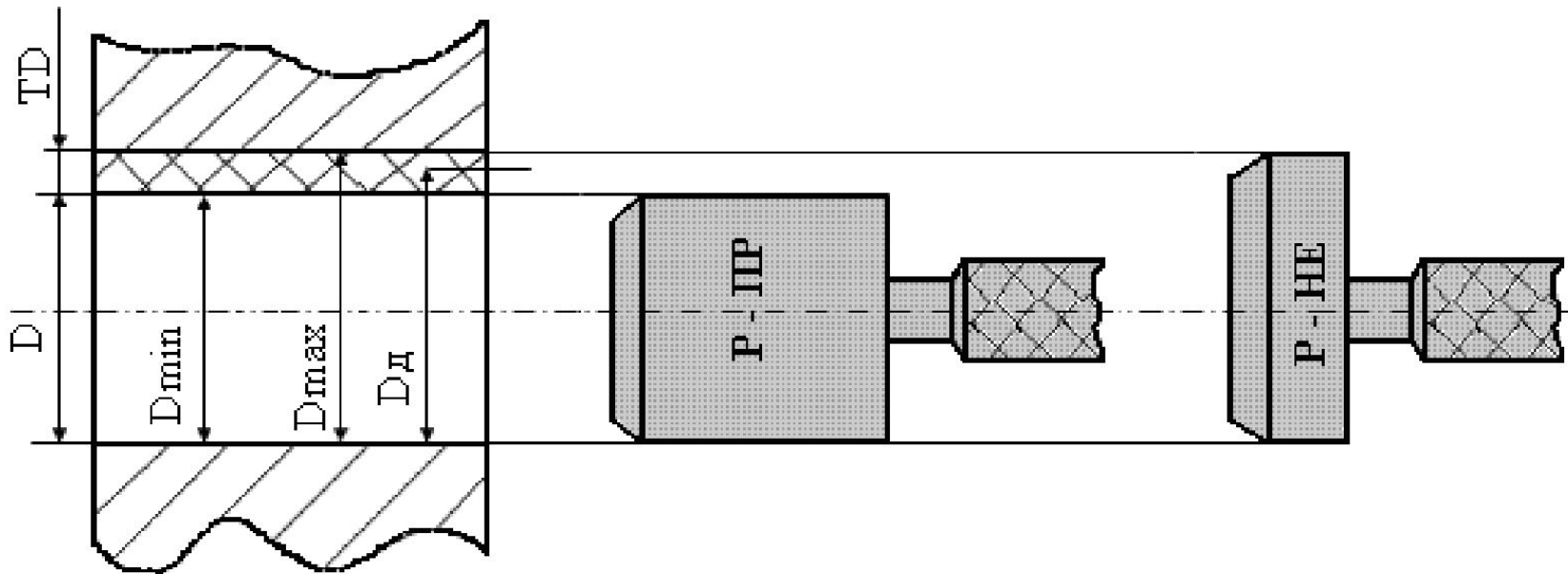
Комплект рабочих предельных калибров для контроля размеров гладких цилиндрических деталей состоит из *проходного калибра ПР* (им контролируют предельный размер, соответствующий максимуму материала проверяемого объекта) и *непроходного калибра НЕ* (им контролируют предельный размер, соответствующий минимуму материала проверяемого объекта).



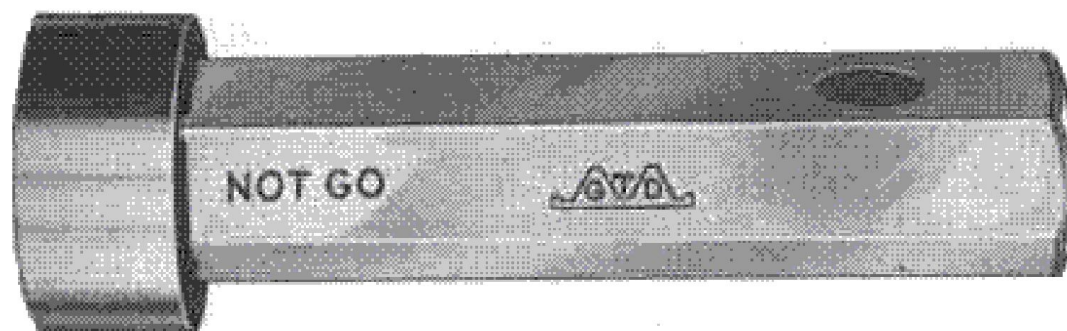
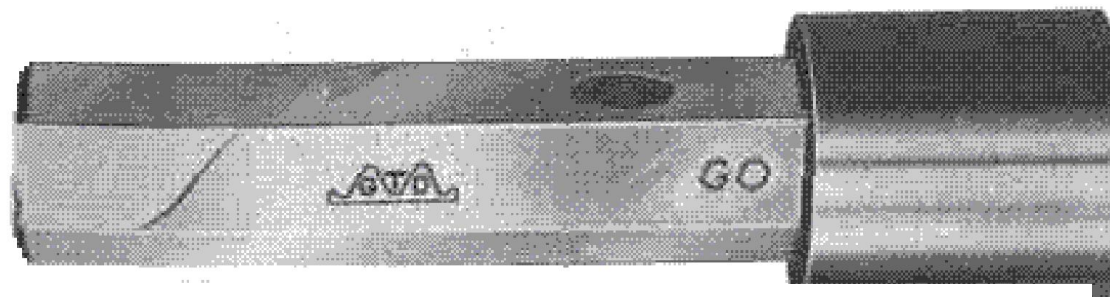
- Комплект рабочих предельных калибров для контроля размеров гладких цилиндрических деталей состоит из *проходного калибра* ПР (им контролируют предельный размер, соответствующий максимуму материала проверяемого объекта) и *непроходного калибра* НЕ (им контролируют предельный размер, соответствующий минимуму материала проверяемого объекта).
- Калибры для валов называются скобами, а для отверстий - пробками.

Контроль диаметра отверстия калибрами-пробками

- Деталь считают годной, если проходной калибр (проходная сторона калибра) под действием собственного веса или усилия, примерно равного ему, проходит, а непроходной калибр (непроходная сторона) не проходит по контролируемой поверхности детали. В этом случае действительный размер детали находится между заданными предельными размерами.



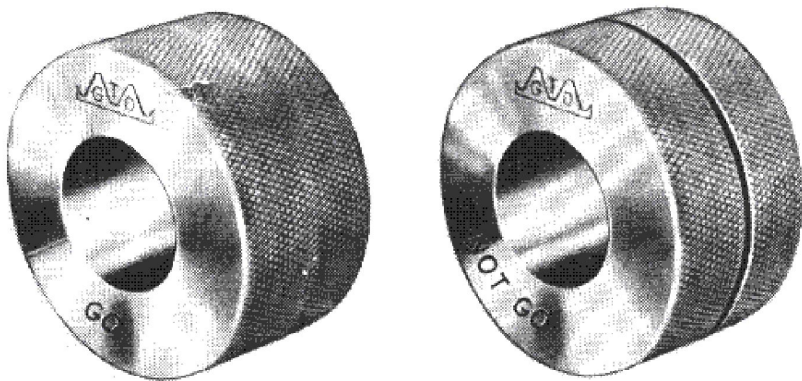
Проходной калибр-пробка (Р-ПР)
Непроходной калибр-пробка (Р-НЕ)
Двухсторонний калибр-пробка



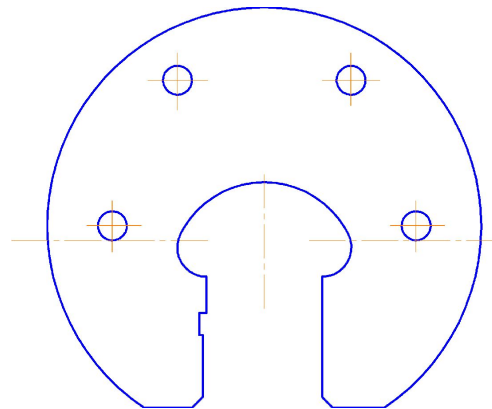
Контроль диаметра вала калибрами-кольцами и скобами

- Для контроля валов используют калибры-кольца и скобы. Наиболее распространены односторонние двухпредельные скобы

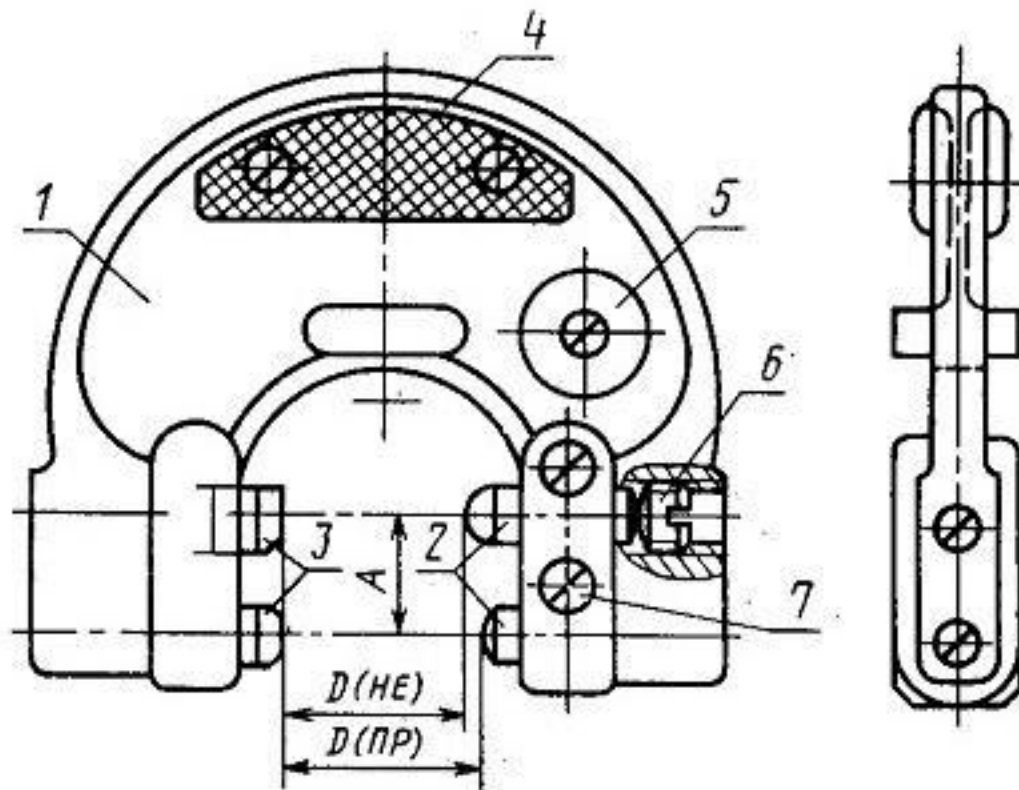
Калибры-кольца



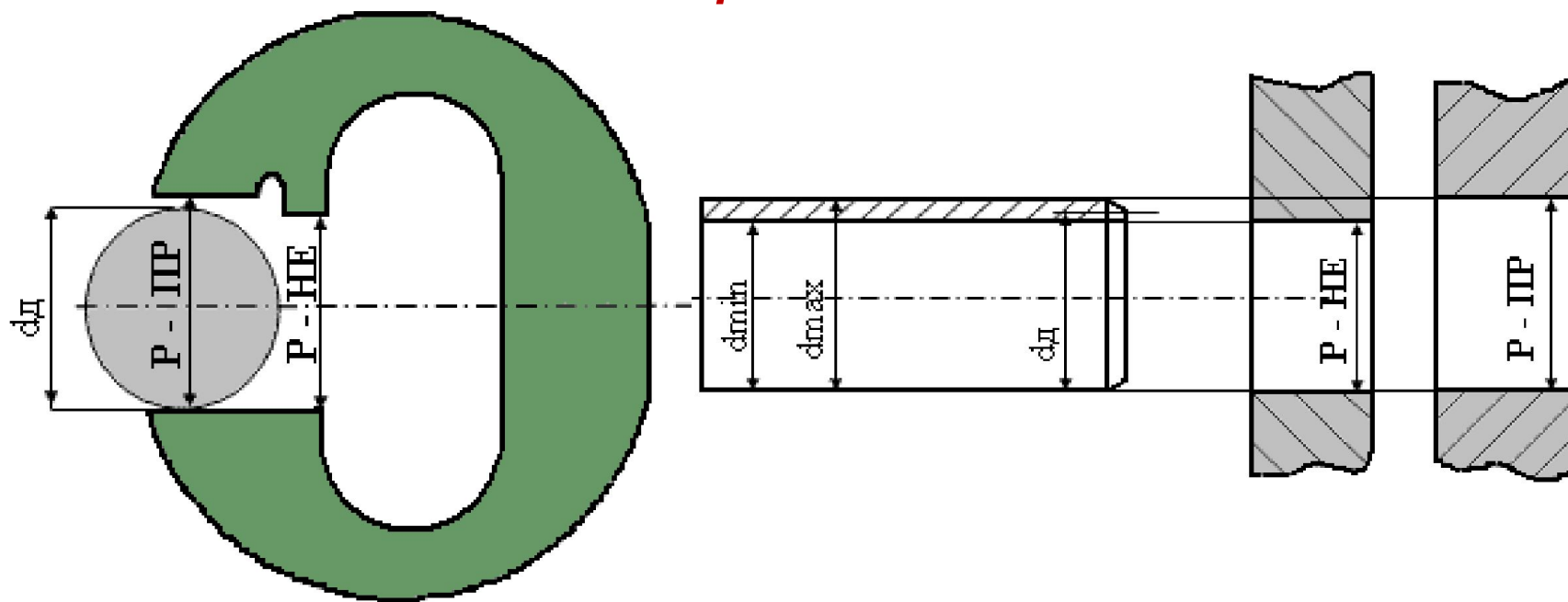
Скобы



- Применяют также **регулируемые скобы**, которые можно настраивать на разные размеры, что позволяет компенсировать износ и использовать одну скобу для измерения размеров, лежащих в определенном интервале. Регулируемые скобы по сравнению с жесткими имеют меньшую точность и надежность, поэтому их чаще применяют для контроля изделий качества 8



Контроль вала калибром-скобой и калибрами-кольцами



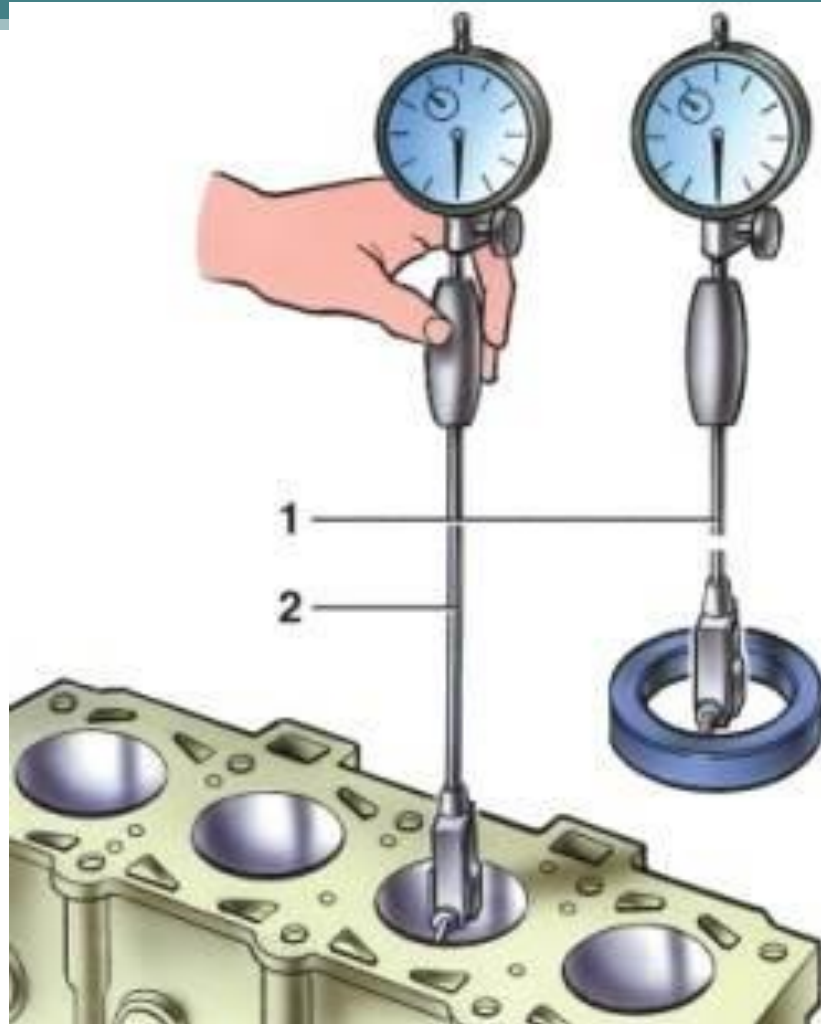
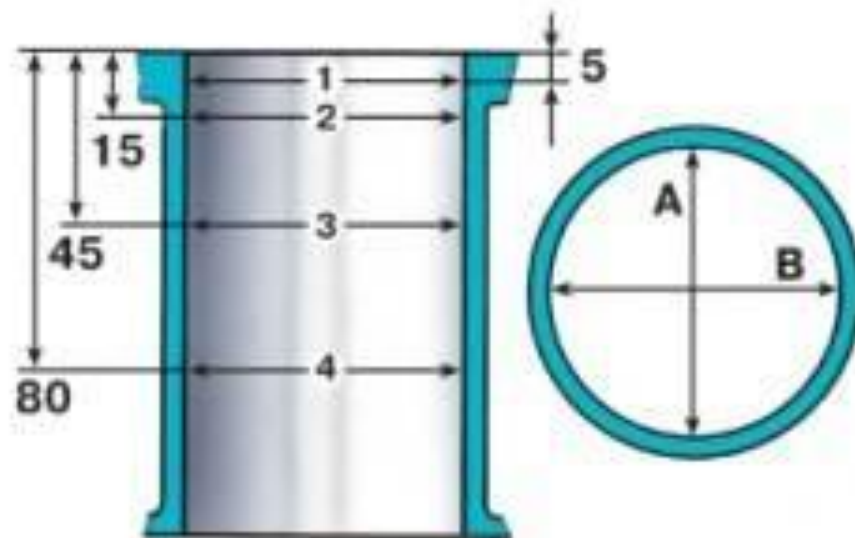
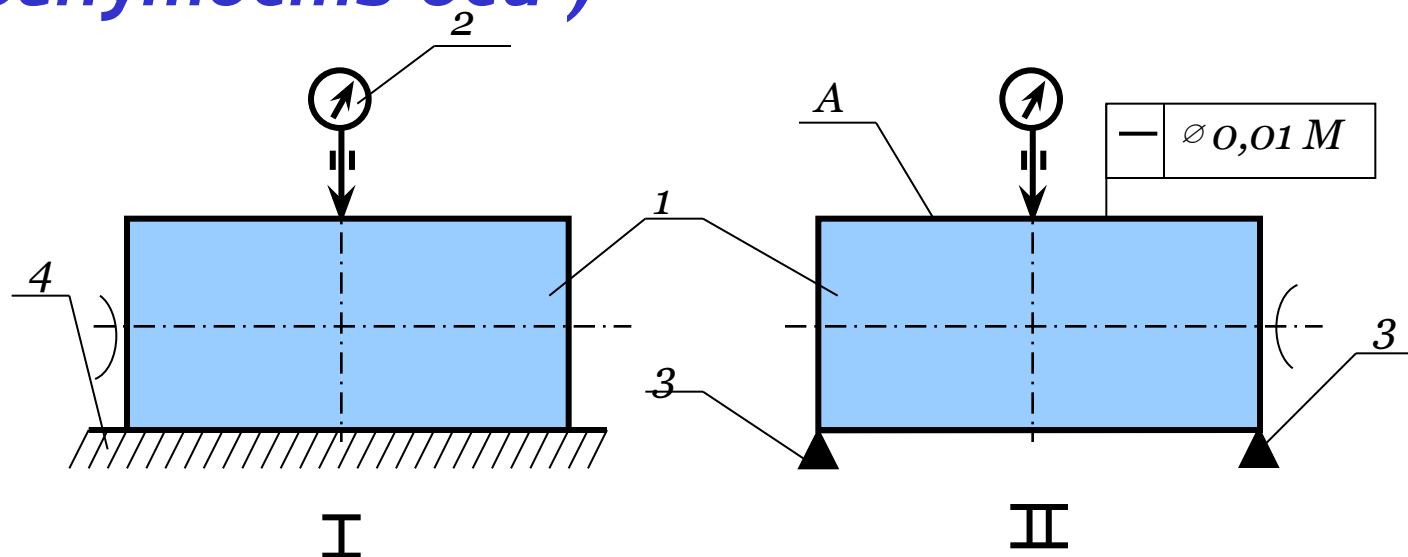


Схема измерения цилиндров: А и В — направления измерений; 1, 2, 3, 4 — номера поясов



Измерение цилиндров нутромером: 1 — нутромер; 2 — установка нутромера на ноль по калибру 67.8125.9502

Отклонение от прямолинейности оси (изогнутость оси)








- 1 – проверяемая деталь,
- 2 – измерительная головка,
- 3 – ножевые опоры,
- 4 – плоский стол.

Техническое требование: Допуск прямолинейности оси поверхности A 0,01 мм. (допуск зависимый).

Способ измерения: Измерительный наконечник устанавливается перпендикулярно оси контролируемой детали, располагаемой на консольной плите (I) или на ножевых опорах (II).

Допуски формы и расположения и их условные знаки

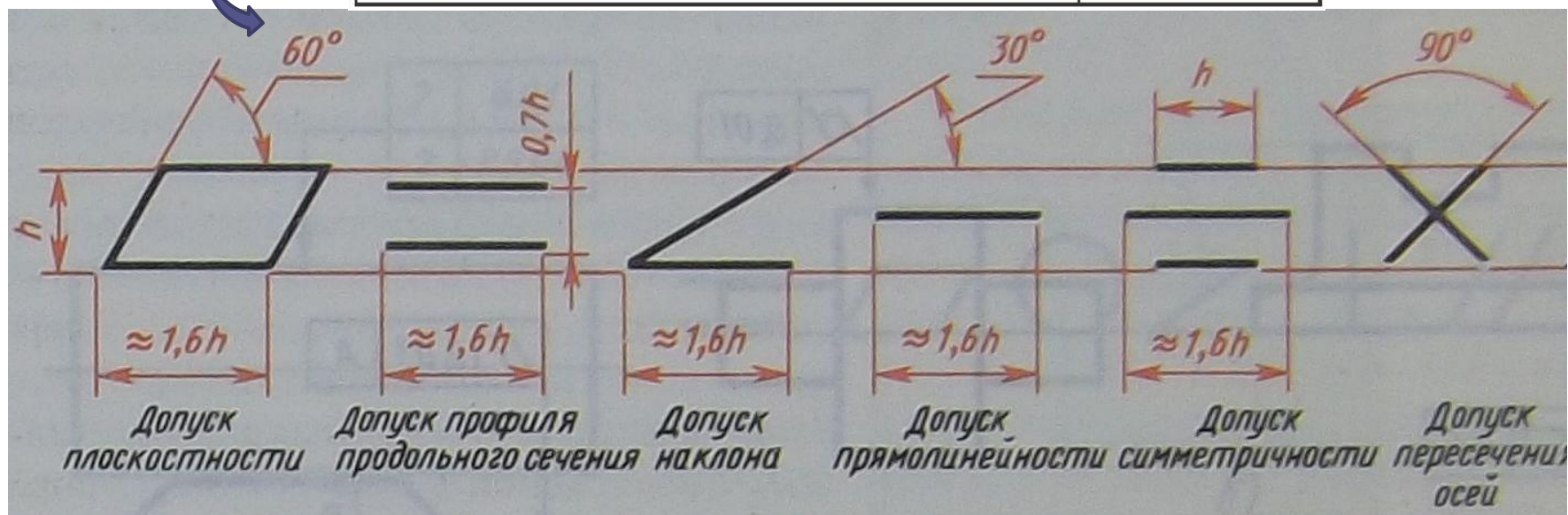
Группа допусков	Вид допуска	Знак	Группа допусков	Вид допуска	Знак
1. Допуски формы	1.1. Прямолинейности		3. Суммарные допуски формы и расположения	3.1. Радиального биения	
	1.2. Плоскостности			3.2. Торцового биения	
	1.3. Круглости			3.3. Биения в заданном направлении	
	1.4. Профиля продольного сечения			3.4. Полного радиального биения	
	1.5. Цилиндричности			3.5. Полного торцового биения	
2. Допуски расположения	2.1. Параллельности			3.6. Формы заданного профиля	
	2.2. Перпендикулярности			3.7. Формы заданной поверхности	
	2.3. Наклона				
	2.4. Соосности				
	2.5. Симметричности				
	2.6. Позиционный				
	2.7. Пересечения осей				

Допуски формы поверхностей

деталей машин и приборов стандартизованы ГОСТом 24642 – 81*.

Таблица 6.1. Условные обозначения на чертеже отклонений формы

Вид отклонения формы	Знак допуска
Отклонение от прямолинейности	—
Отклонение от плоскостности	
Отклонение от цилиндричности	
Отклонение от круглости	
Отклонение профиля продольного сечения	



2. Отклонение и допуски расположения (ГОСТ 24642-83)

Отклонение расположения - отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения.

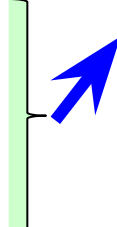
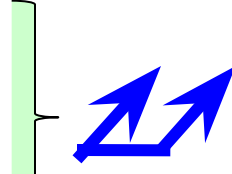

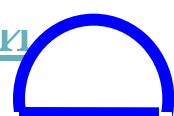
Количественно отклонения оцениваются в соответствии от типа отклонений и допуска расположения:

1. Отклонение от параллельности, допуск параллельности.
2. Отклонение от перпендикулярности, допуск перпендикулярности.
3. Отклонение и поле допуска наклона.
4. Отклонение от соосности, допуск соосности.
5. Отклонение от симметричности, допуск симметричности.
6. Позиционное отклонение и позиционный допуск.
7. Отклонение от пересечения, допуск пересечения осей.

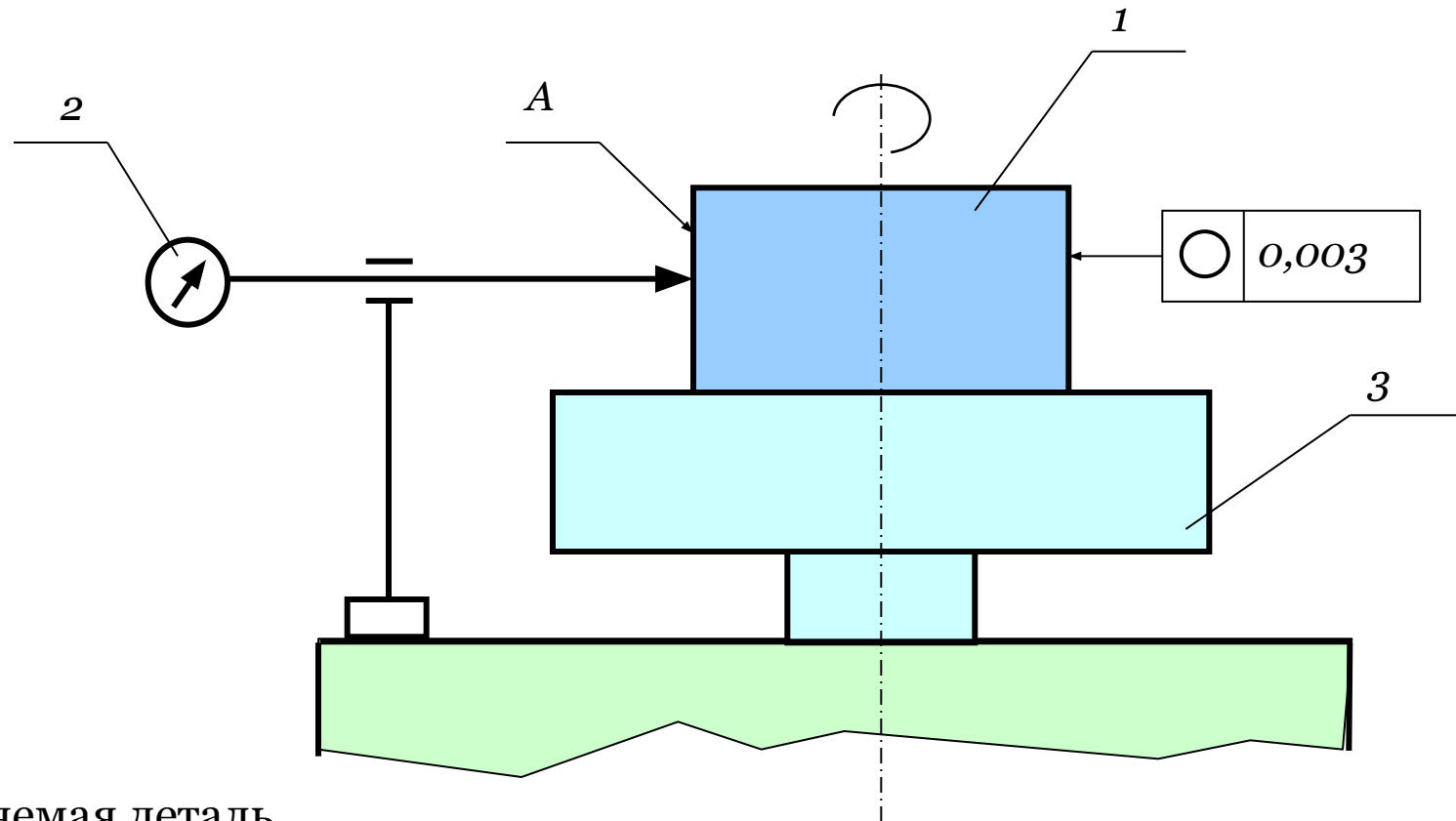


Суммарные допуски формы и расположения поверхностей (ГОСТ24642-83)

- **Суммарный допуск формы и расположения** - предел ограничивающий допускаемое значение с отклонения формы и расположения.
- **Поле суммарного допуска формы и расположения** - область в пространстве или на заданной поверхности, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности (профиля) в пределах нормируемого участка.

1. Радиальное биение и допуск радиального биения.
 2. Торцовое биение и допуск торцового биения.
 3. Биение и допуск биения в заданном направлении.
 4. Полное радиальное биение и допуск полного радиального биения.
 5. Полное торцовое биение и допуск полного торцового биения.
 6. Отклонение и допуск формы заданного профиля.
 7. Отклонение и допуск формы заданной поверхности.
 8. Суммарное отклонение и суммарный допуск параллельности и плоскостности.
 9. Суммарное отклонение и суммарный допуск перпендикулярности и плоскостности.
 10. Суммарное отклонение и суммарный допуск наклона и плоскостности.
- 
- 
- 
- 

Круглость

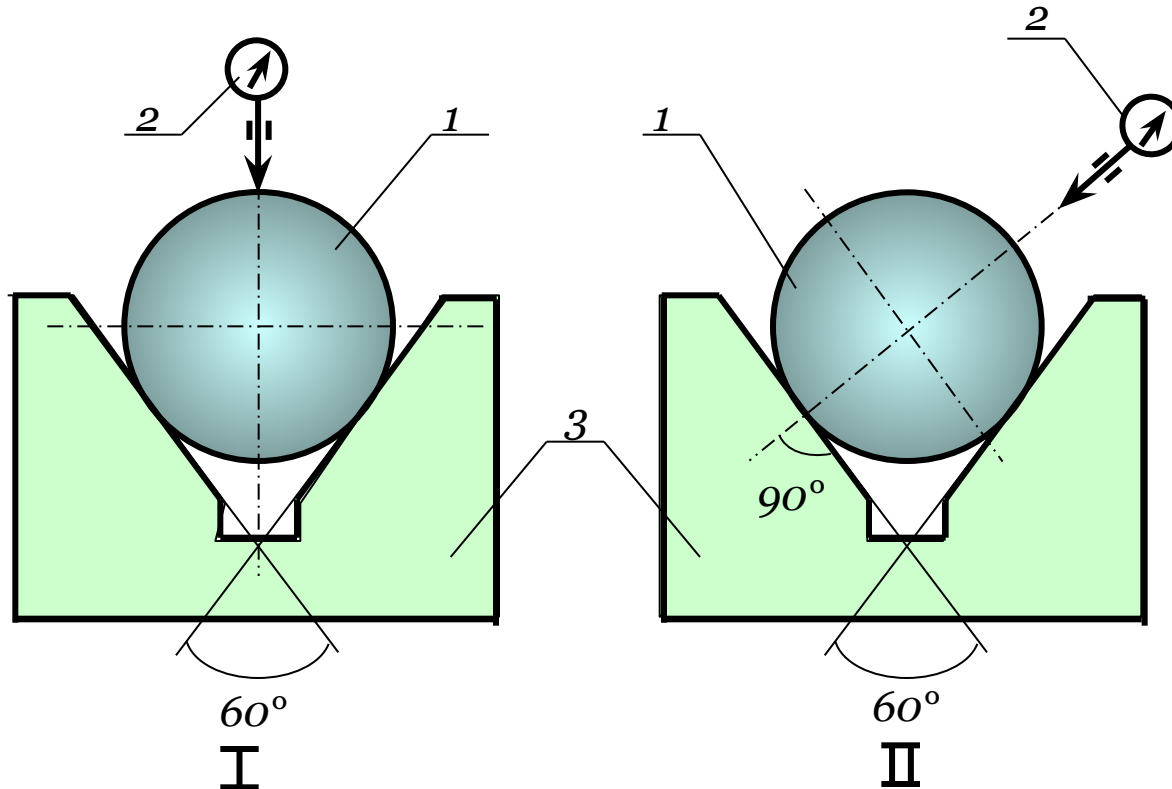


- 1 – проверяемая деталь,
- 2 – измерительная головка кругломера,
- 3 – стол с точно вращающимся шпинделем.

Техническое требование: Допуск круглости поверхности А 0,003 мм.

Способ измерения: Отклонение от круглости контролируется на кругломере, на котором реальный профиль сравнивается с траекторией точного вращения, осуществляемого шпинделем прибора.

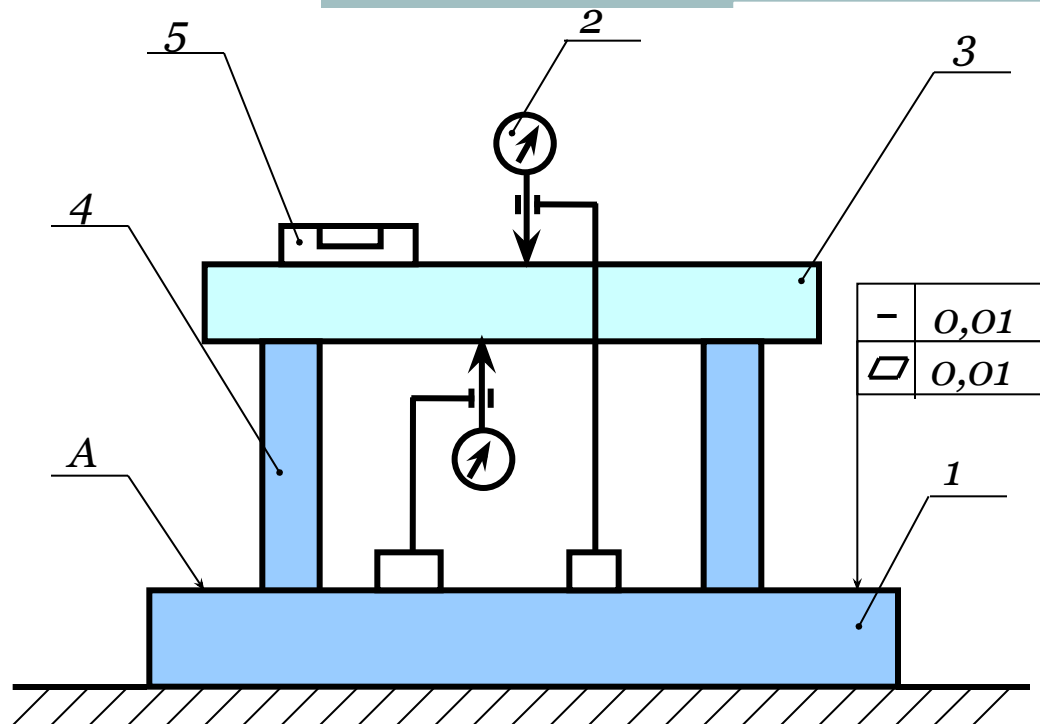
Огранка и овальность



1 – проверяемая деталь,
2 – измерительная головка,
3 – призма.

Способ измерения: Значение отклонения от круглости (огранки и овальности) определяется пересчетом показания измерительной головки (размаха между двумя предельными положениями стрелки при повороте детали в призме) с учётом числа граней, угла призмы и расположения направления измерения: | -- симметричная схема; || -- несимметричная схема.

Плоскостность и прямолинейность

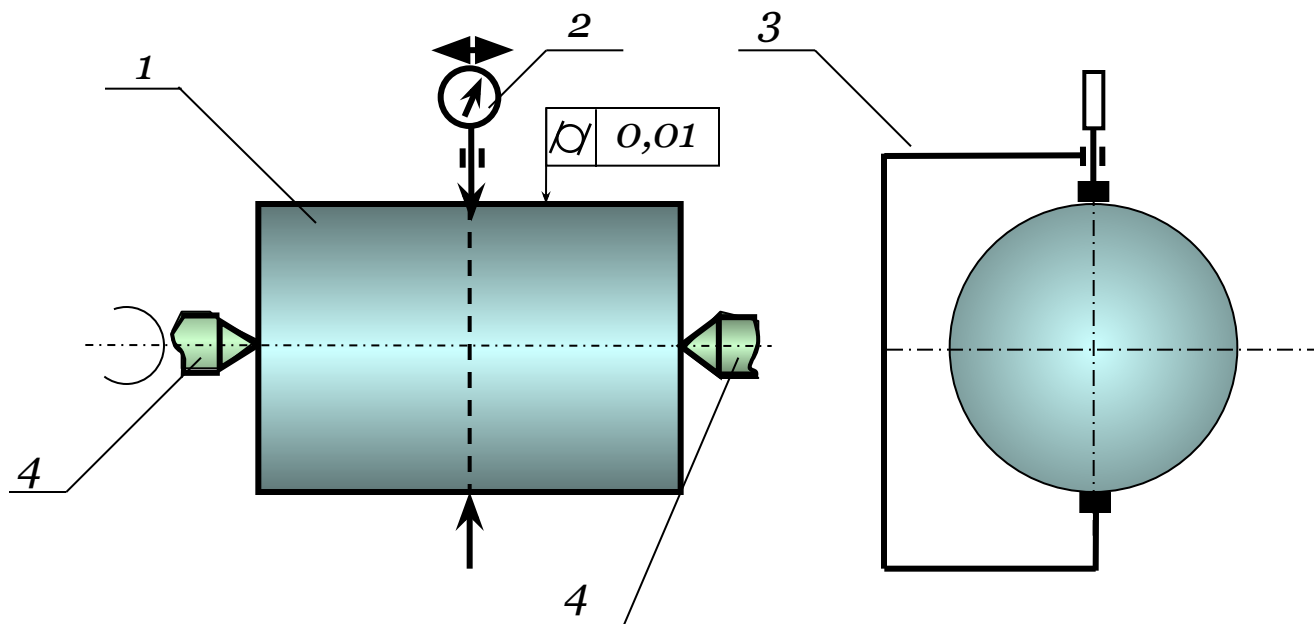


- 1 – проверяемая деталь,
2 – измерительная головка, 4 – концевые меры,
3 – проверочная линейка, 5 – уровень.

Техническое требование: Допуск прямолинейности поверхности А 0,01 мм.
допуск плоскости поверхности А 0,01 мм.

Способ измерения: При измерении используют концевые меры с одинаковыми размерами. на которую устанавливают проверочную линейку. Для установки параллельности верхних плоскостей линеек служит уровень. Отклонение их меряют с помощью измерительных головок. При контроле плоскостности проводят измерения отклонений от прямолинейности в нескольких направлениях.

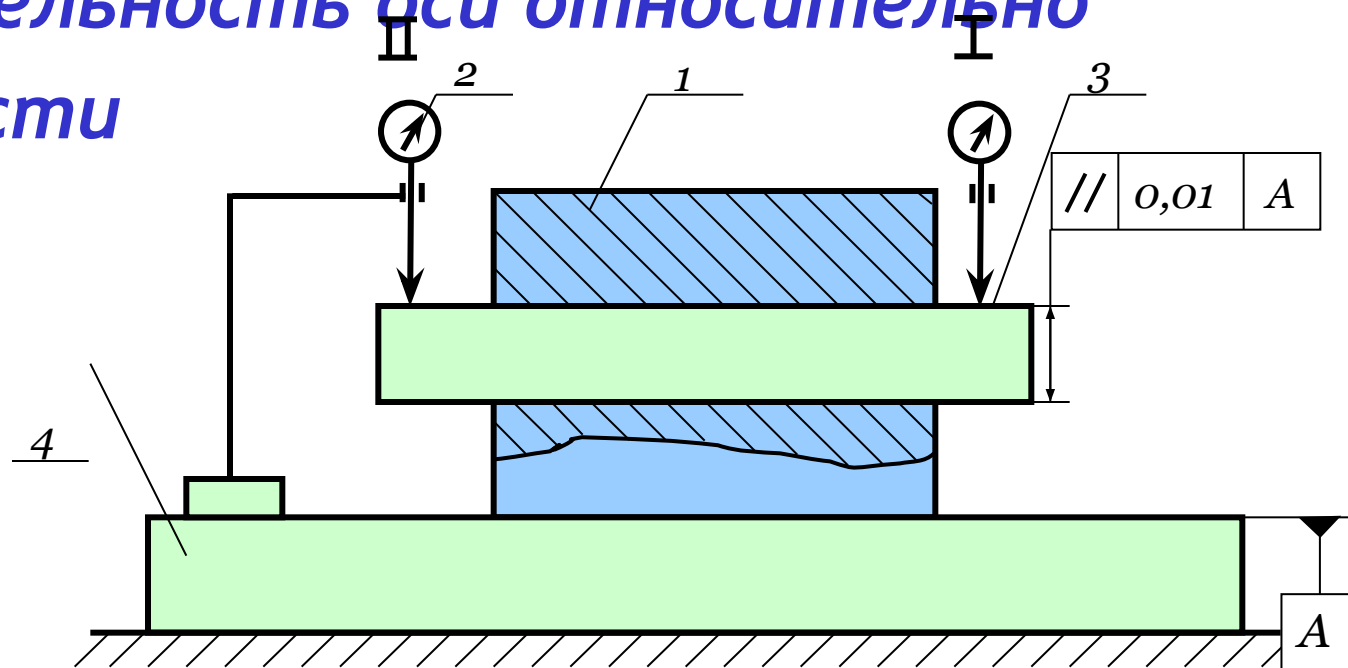
Цилиндричность



- 1 – проверяемая деталь,
- 2 – измерительная головка,
- 3 – скоба,
- 4 – центры.

Техническое требование: Допуск цилиндричности поверхности А 0,01 мм.
Способ измерения: Путём измерения непостоянства диаметров поверхности.

Параллельность оси относительно плоскости

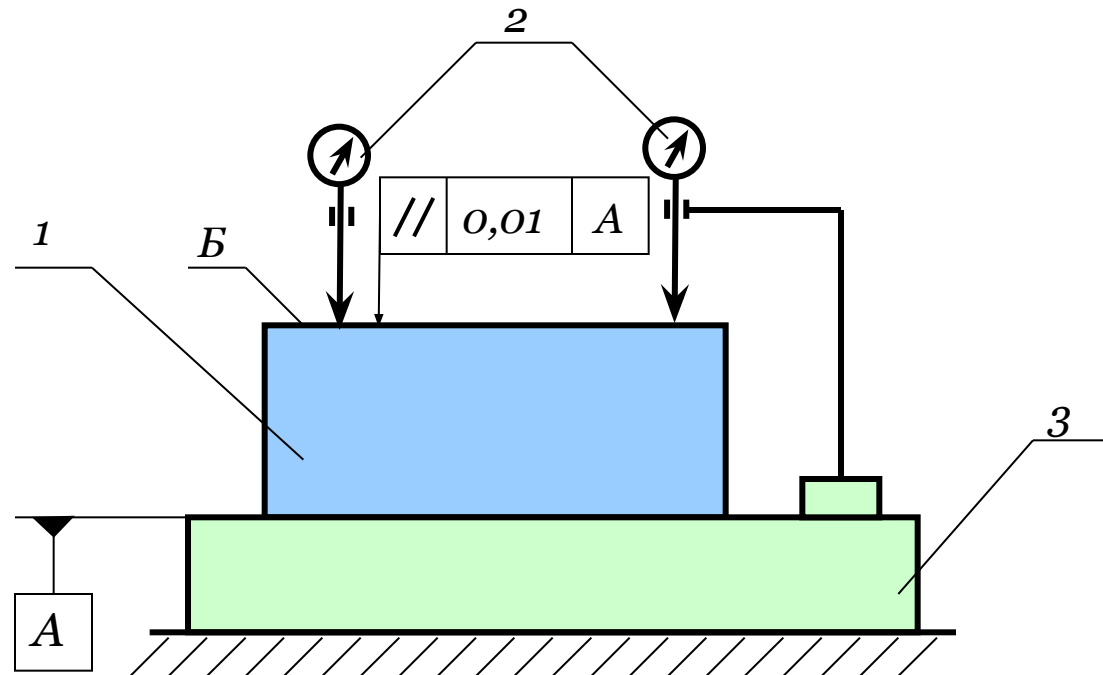


- 1 – проверяемая деталь,
- 2 – измерительная головка,
- 3 – контрольный валик (оправка),
- 4 -- проверочная плита.

Техническое требование: Допуск параллельности оси отверстия относительно поверхности A 0,01 мм.

Способ измерения: Отклонение от параллельности оси относительно плоскости определяется как разность показаний измерительной головки в двух положениях (⊥ и ∥) на заданной длине нормируемого участка.

Параллельность плоскостей

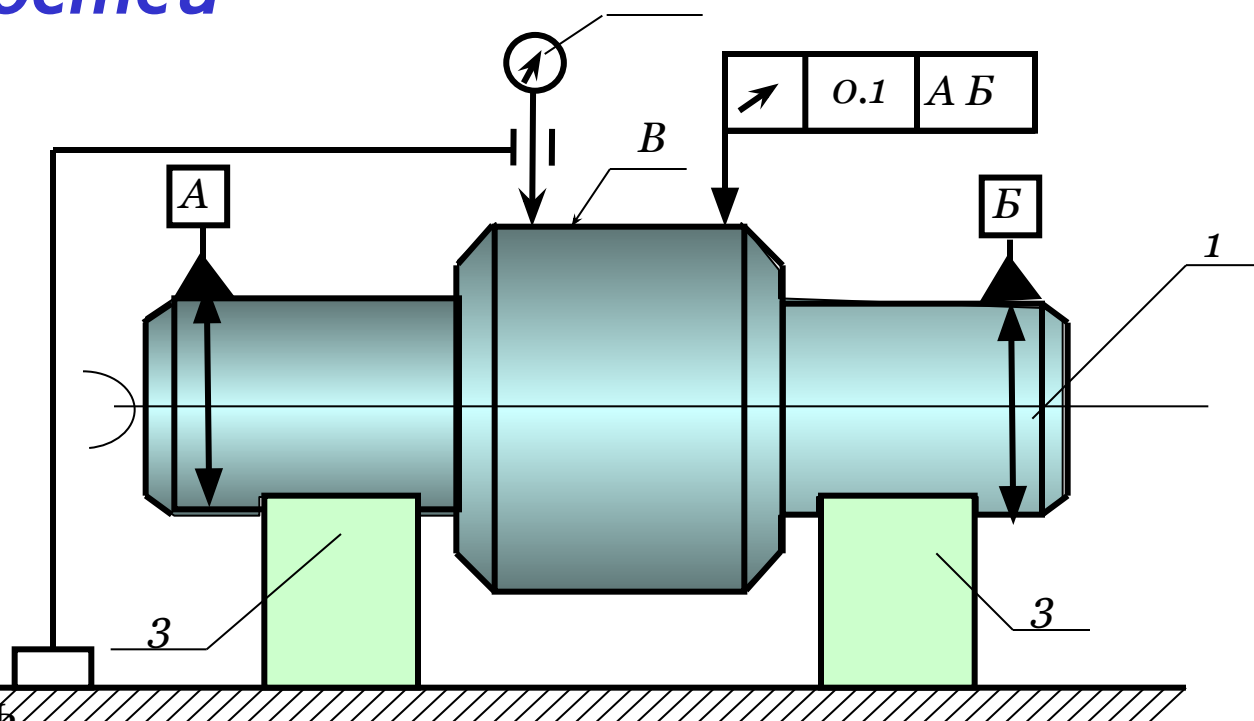


- 1 – проверяемая деталь,
2 – измерительная головка,
3 – проверочная плита.

Техническое требование: Допуск параллельности поверхности Б относительно поверхности А 0,01 мм.

Способ измерения: Контроль параллельности поверхностей осуществляется с помощью проверочной плиты, на которой деталь устанавливают базовой поверхностью, и измерительной головки, перемещающейся параллельно плоскости проверочной плиты. Определяют разность показаний головки в различных точках проверяемой поверхности.

Радиальное биение относительно общей оси поверхностей



1 – проверяемая деталь,

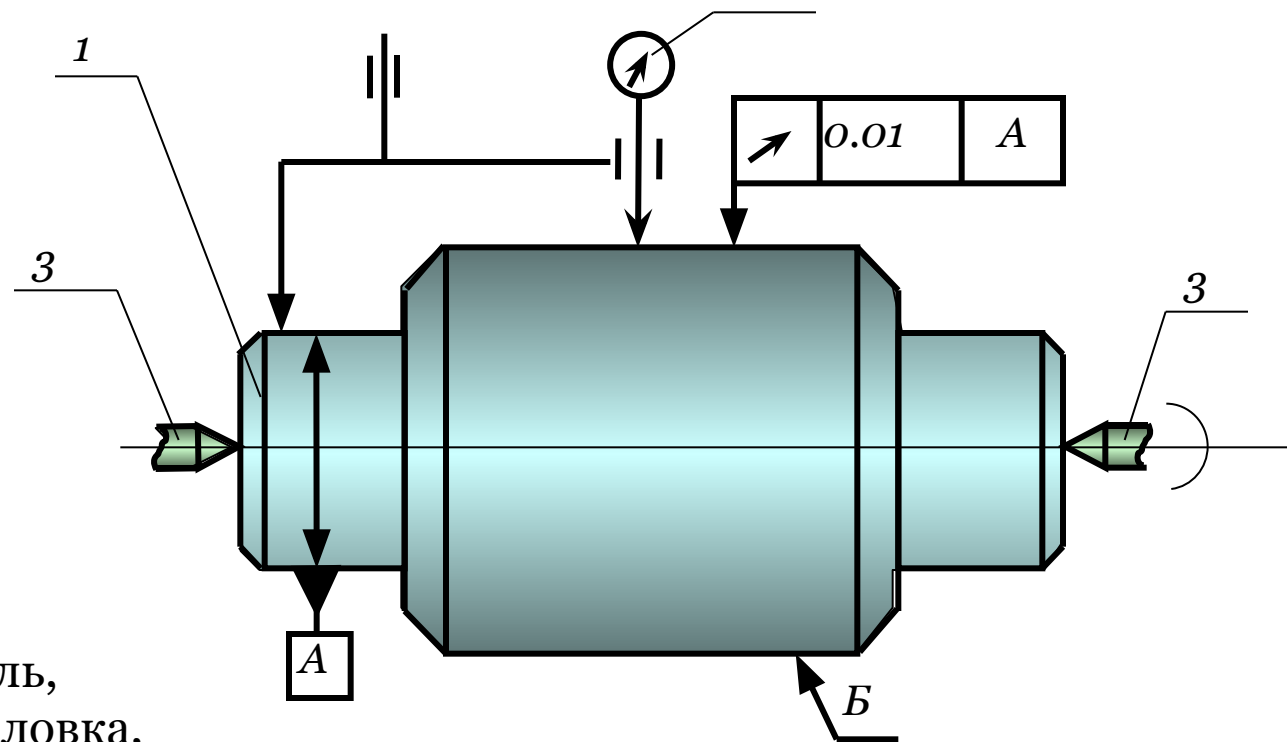
2 – измерительная головка,

3 – призмы.

Техническое требование: Допуск радиального биения поверхности В относительно поверхностей А и Б 0,1 мм.

Способ измерения: Измерение радиального биения производится при базировании изделия в призмах. Базирование и вращение изделия производится относительно общей оси поверхностей, указанной в качестве базы в обозначении допуска.

Радиальное биение относительно оси поверхности

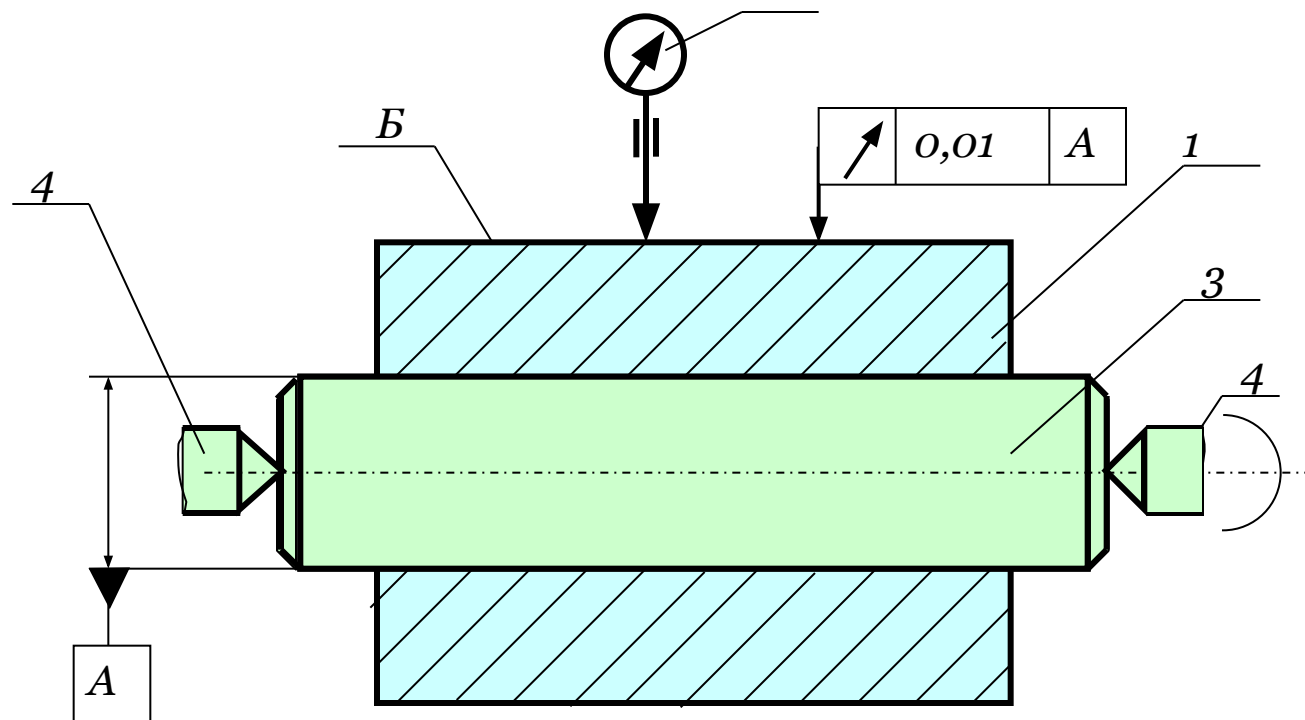


- 1 – проверяемая деталь,
- 2 – измерительная головка,
- 3 – центры.

Техническое требование: Допуск радиального биения поверхности В относительно оси поверхности А 0,01 мм.

Способ измерения: Измерение осуществляется с помощью измерительной головки при базировании изделия в центрах. Базирование и вращение изделия производятся относительно оси, которая указана в качестве базы в обозначении допуска.

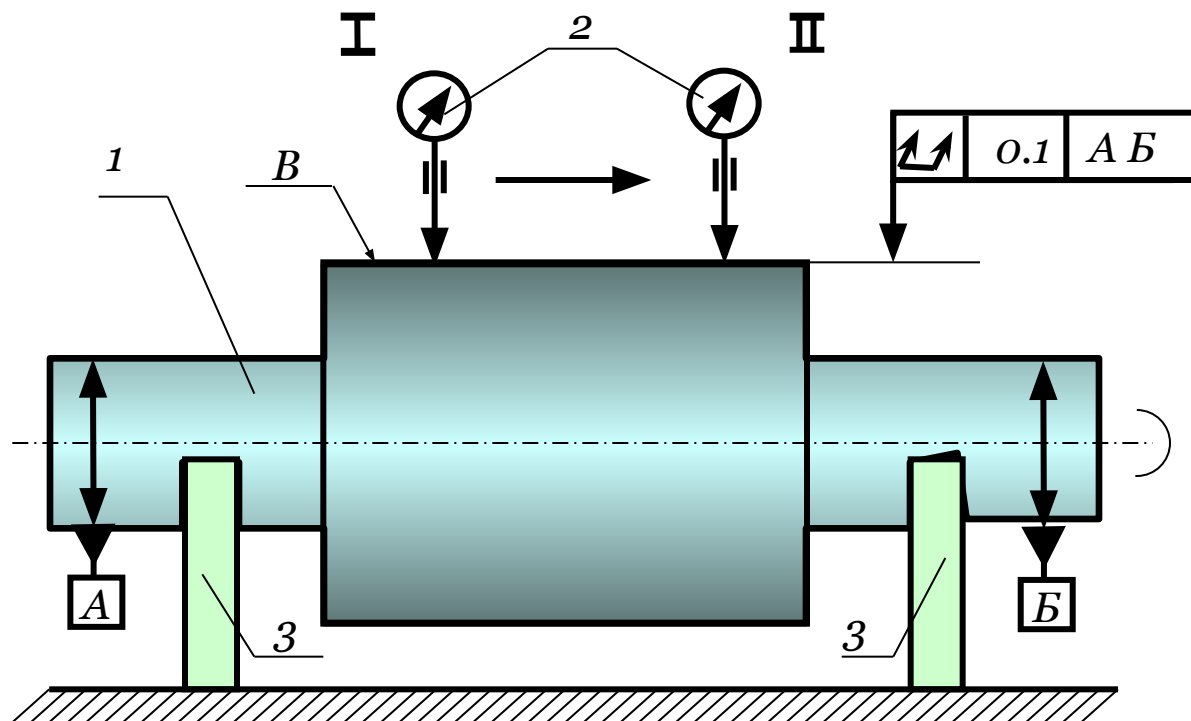
Радиальное биение поверхности относительно оси отверстия



- 1 – проверяемая деталь,
- 2 – индикаторное приспособление,
- 3 – оправка,
- 4 – центры.

Техническое требование: Допуск радиального биения поверхности Б относительно оси вращения отверстия А 0,01 мм.

Полное радиальное биение



1 – проверяемая деталь,

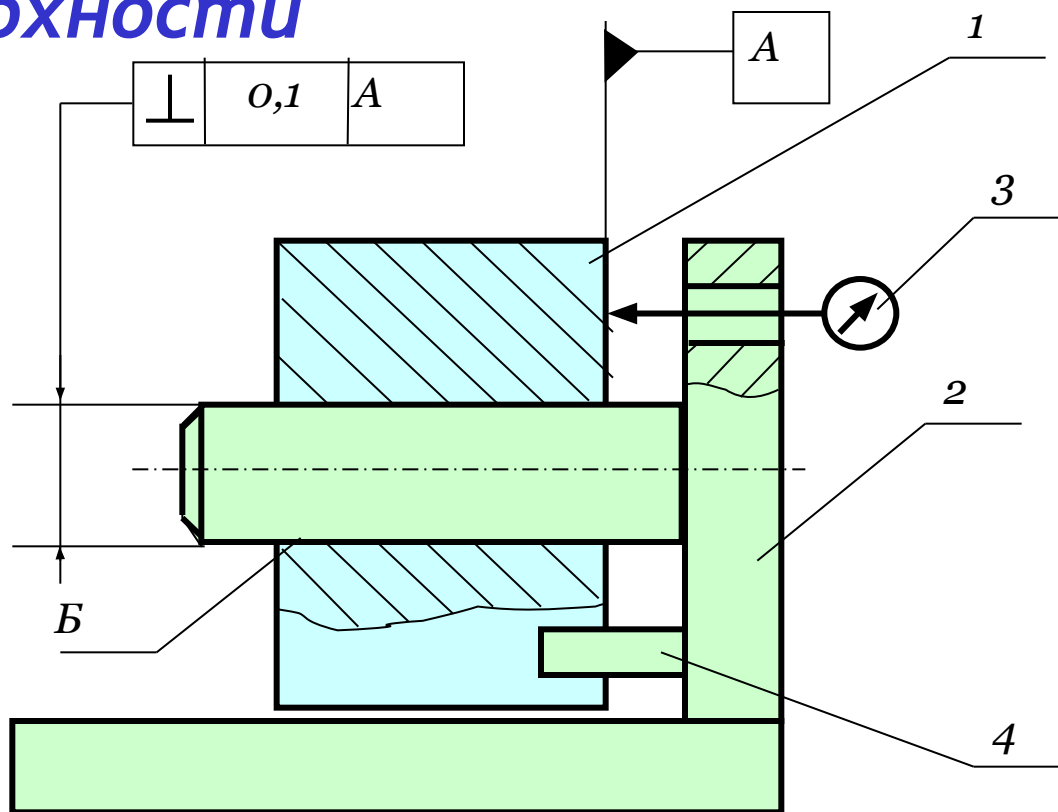
2 – измерительная головка,

3 – призмы.

Технические требования: Допуск полного радиального биения поверхности В относительно общей оси поверхностей А и Б 0,1мм.

Способ измерения: При контроле полного радиального биения измерительная головка вращается относительно базовой оси и перемещается в продольном направлении параллельно базовой оси. |, || -- предельные положения при контроле.

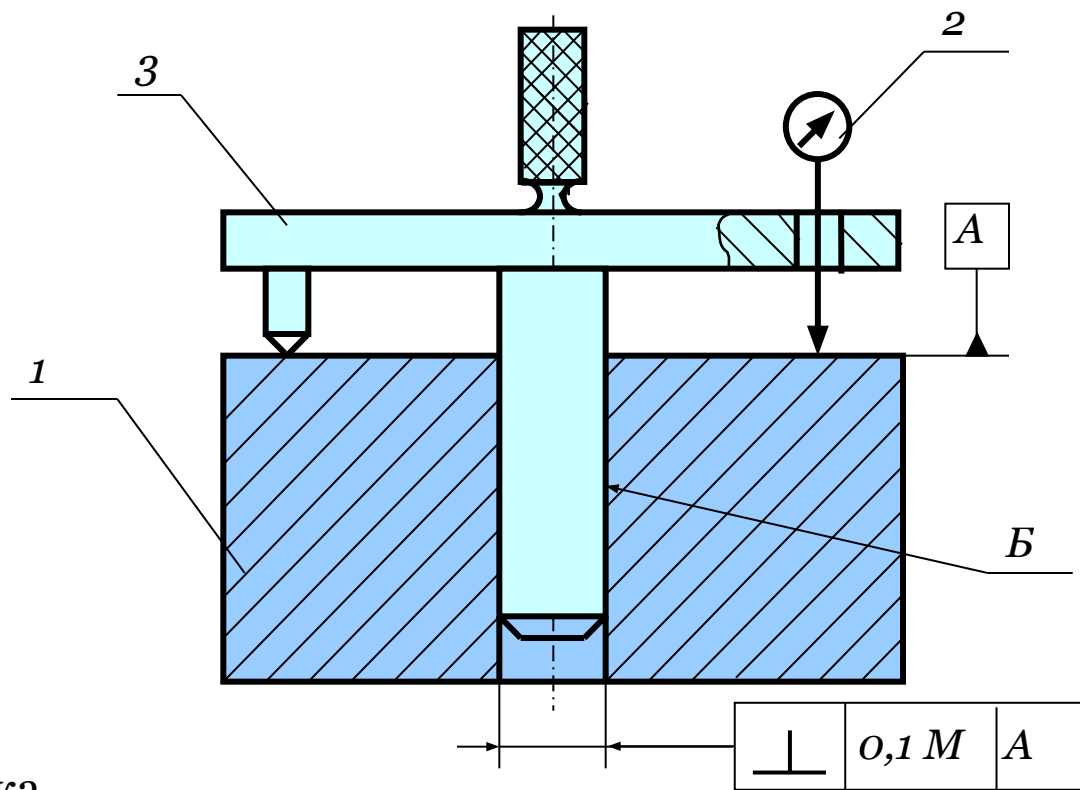
Перпендикулярность осей отверстия и наружной поверхности



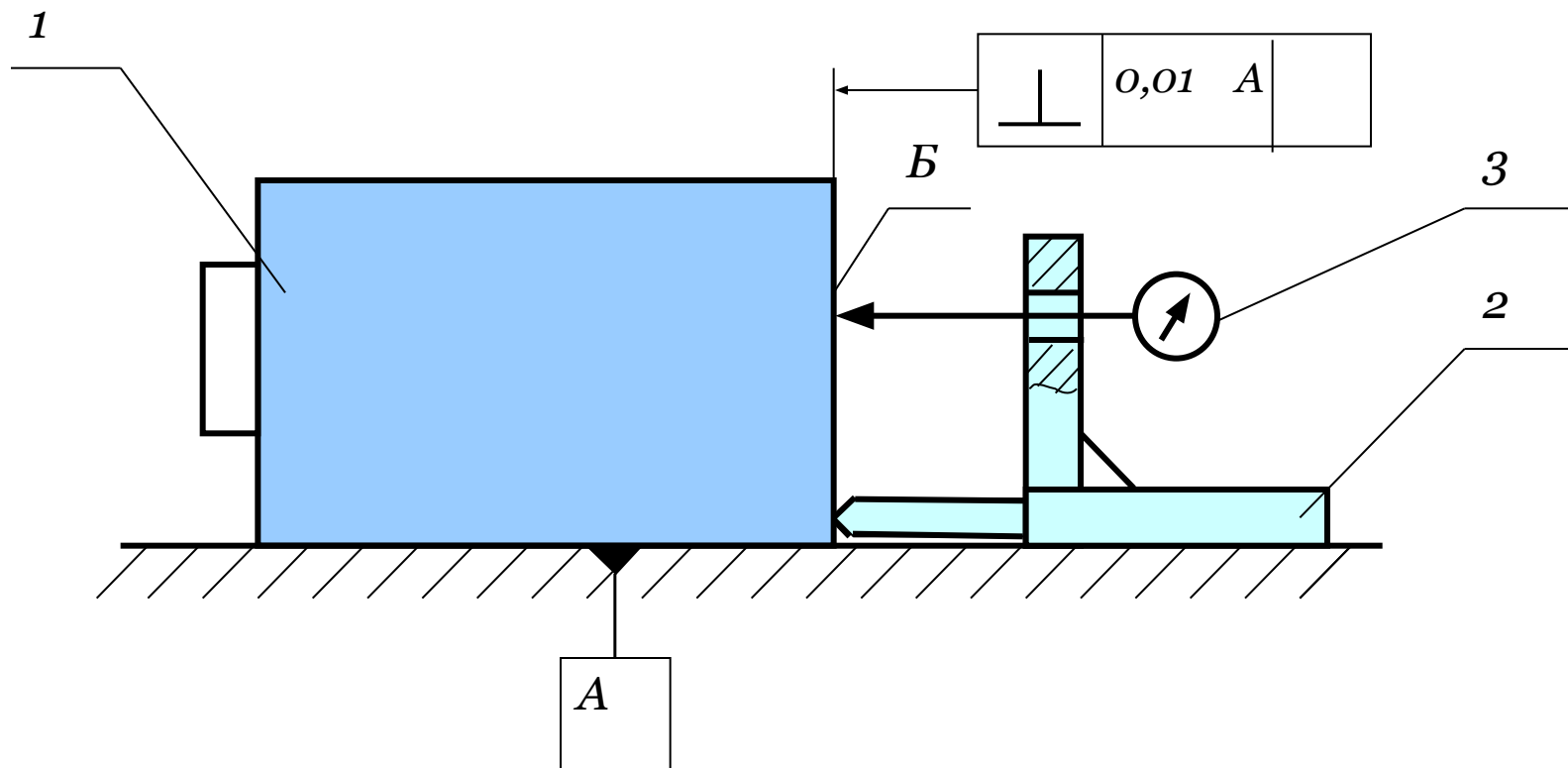
- 1 – проверяемая деталь,
- 2 – индикаторное приспособление,
- 3 – измерительная головка,
- 4 – упор.

Техническое требование: Допуск перпендикулярности оси отверстия B относительно поверхности A 0,1 мм.

Перпендикулярность отверстия относительно плоскости



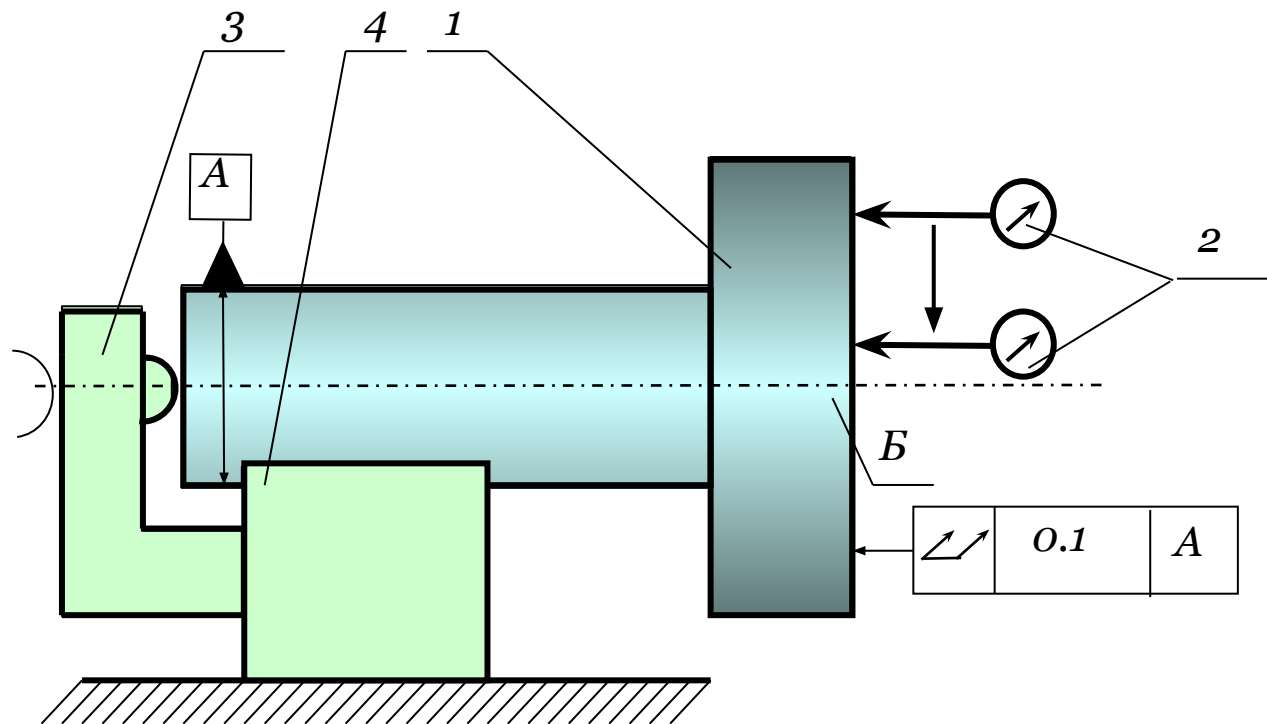
Перпендикулярность плоскостей



- 1 – проверяемая деталь,
2 – индикаторное приспособление,
3 – измерительная головка.

Техническое требование: Допуск перпендикулярности поверхности Б относительно основания 0,1 мм.

Полное торцевое биение

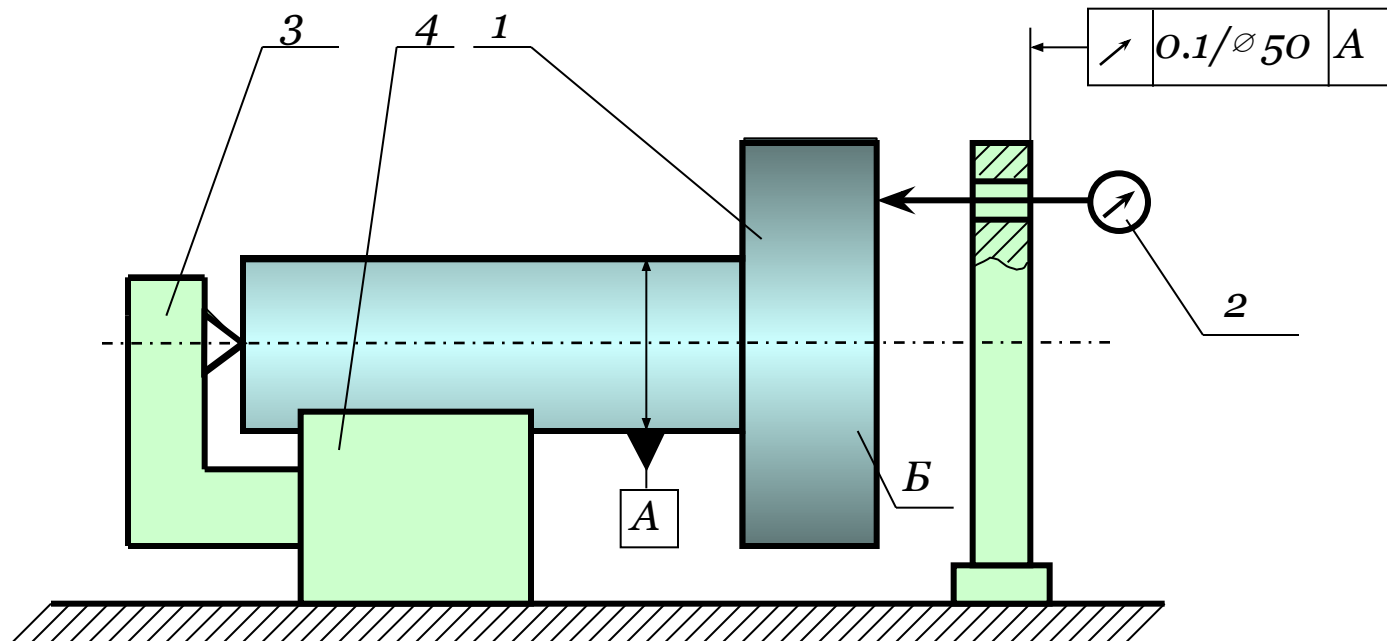


- 1 – проверяемая деталь,
- 2 – измерительная головка,
- 3 – упор,
- 4 – призма.

Техническое требование: Допуск полного торцевого биения поверхности Б относительно оси поверхности А 0,1 мм.

Способ измерения: При контроле полного торцевого биения измерительная головка вращается относительно базовой оси детали и перемещается в радиальном направлении перпендикулярно базовой оси.

Торцовое биение



1 – проверяемая деталь,

2 – измерительная головка,

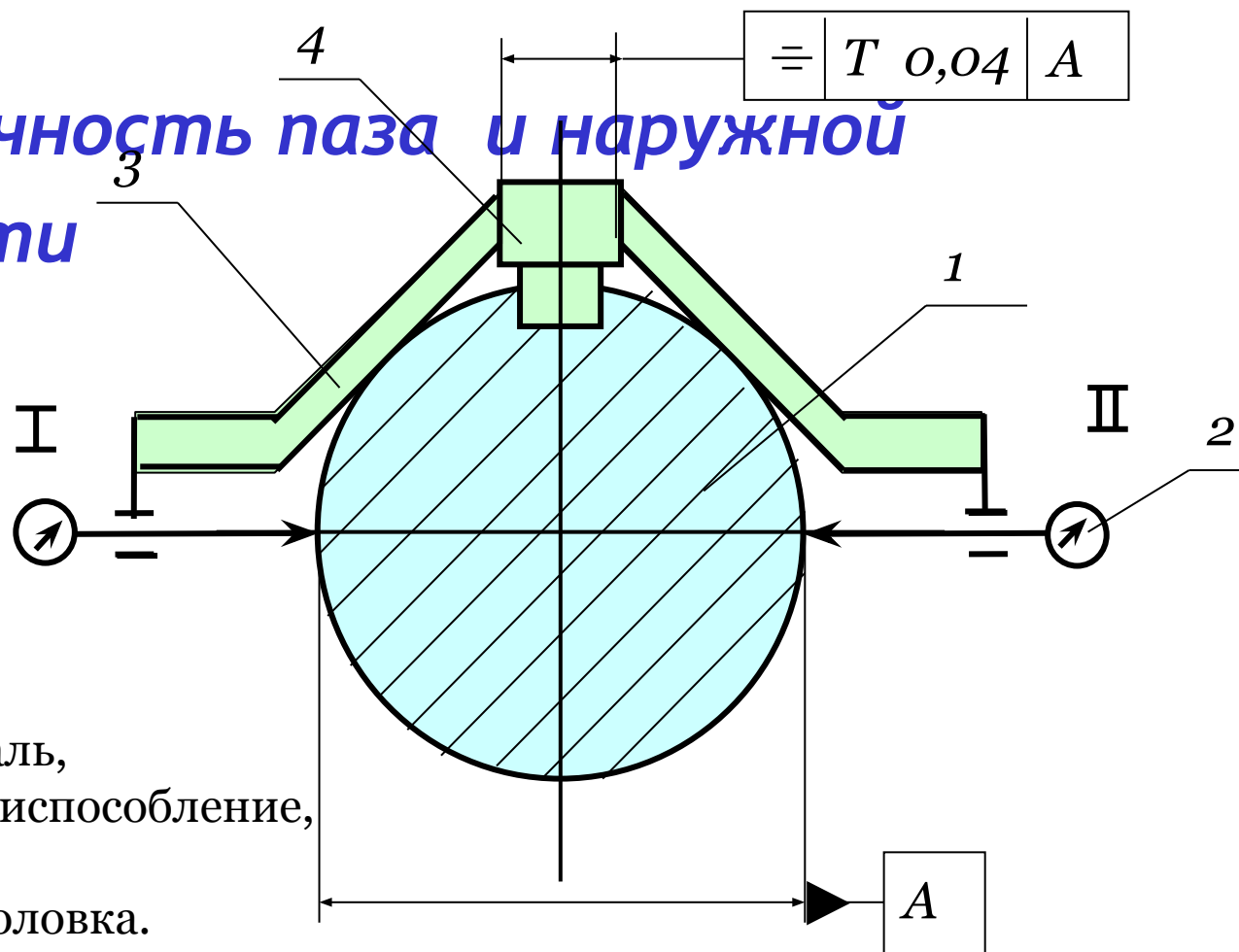
3 – упор,

4 – призма.

Техническое требование: Допуск торцевого биения поверхности Б относительно оси поверхности А 0,1 мм на диаметре 50 мм.

Способ измерения: Измерение торцевого биения производят на заданном диаметре или на наибольшем диаметре торцевой поверхности.

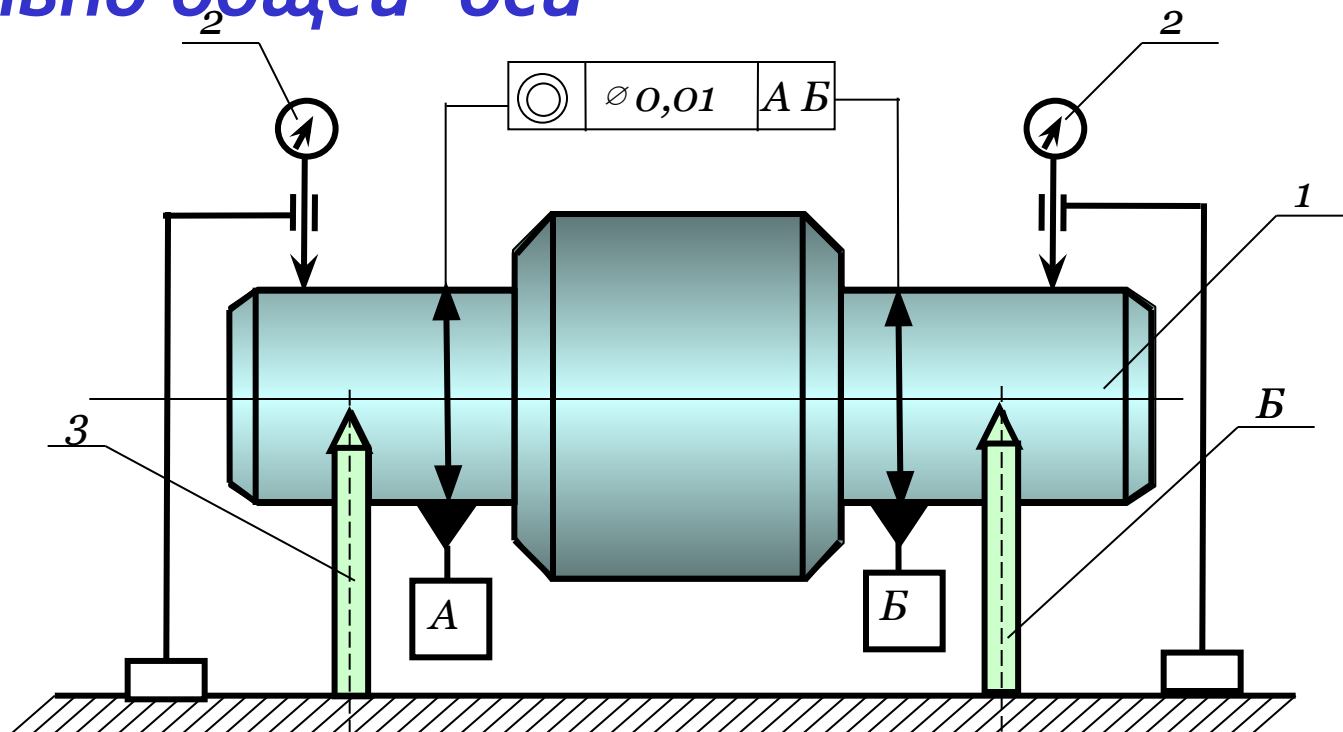
Симметричность паза и наружной поверхности



- 1 – проверяемая деталь,
- 2 – индикаторное приспособление,
- 3 – оправка,
- 4 – измерительная головка.

Технические требования: контроль симметричности производят путем измерения расстояний между поверхностями. Полуразность этих расстояний, измеренных по обе стороны базовой оси, равна отклонению от симметричности (| , || -- различные положения индикаторного приспособления при контроле.)

Соосность двух поверхностей относительно общей оси



- 1 – проверяемая деталь,
- 2 – измерительная головка,
- 3 – ножевые опоры.

Технические требования: Допуск соосности поверхностей А и В относительно общей оси $\varnothing 0,01$ мм.

Способ измерения: Изделие базируется по обоим проверяемым поверхностям в их средних сечениях.

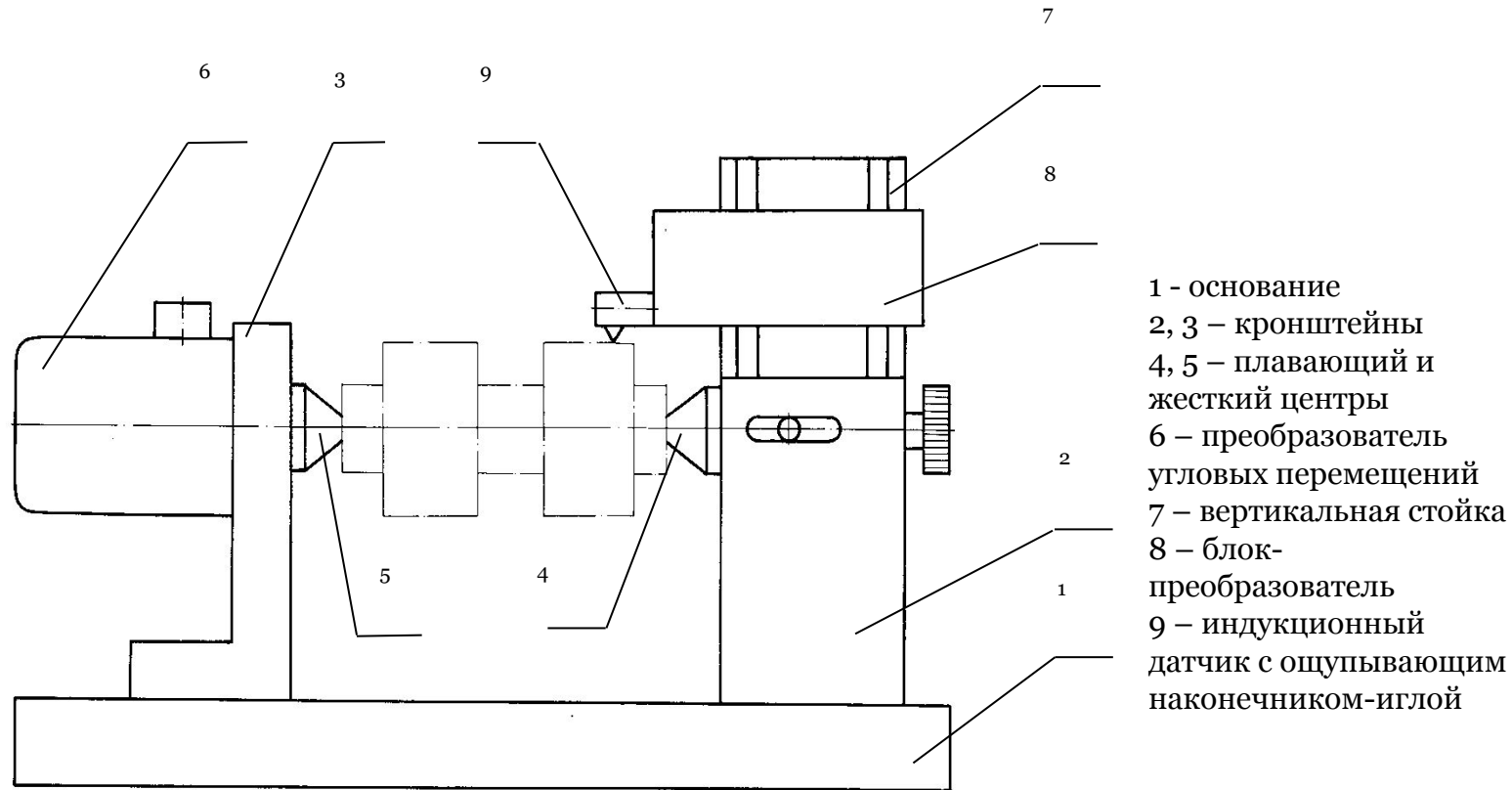
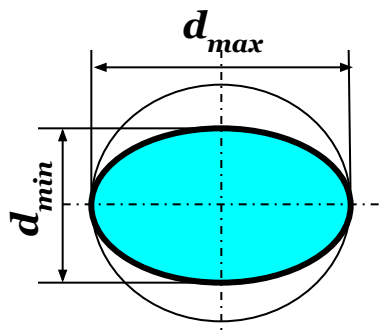
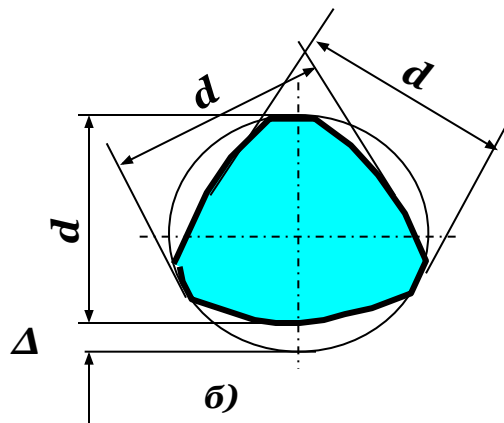


Рис.15.5 - Схема записи круглограмм с использованием измерительного комплекса

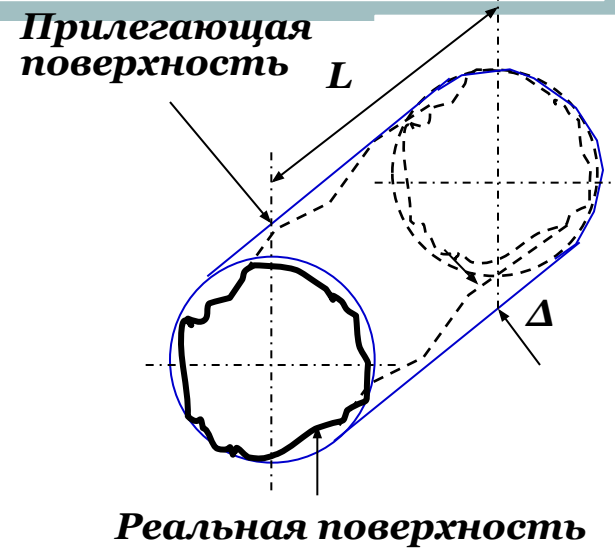
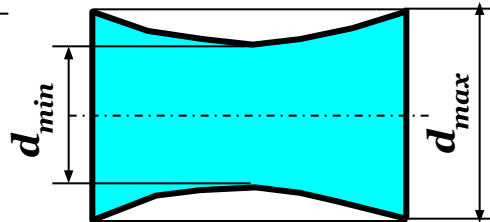
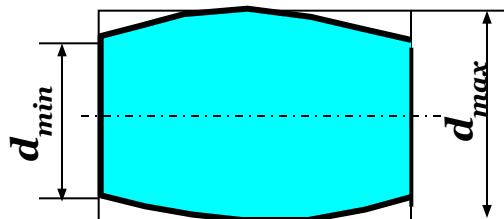
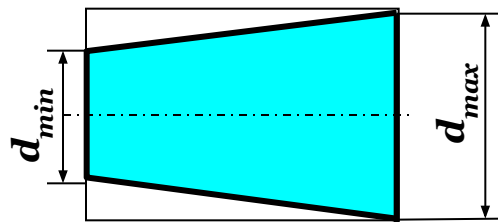
Отклонение формы цилиндрических поверхностей



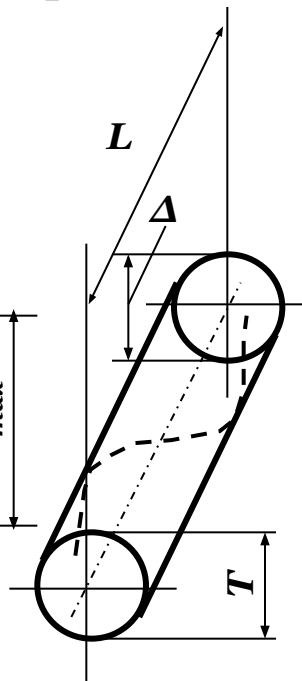
а)



б)



в)



Числовые значения допусков формы, допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения поверхностей должны

соответствовать указанным в табл. 1.

Таблица 1

МКМ									
0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8
10	12	16	20	25	30	40	50	60	80
100	120	160	200	250	300	400	500	600	800
1000	1200	1600	2000	2500	3000	4000	5000	6000	8000
10000	12000	16000	-	-	-	-	-	-	-

- Мерительный инструмент
- При измерительном контроле применяют следующие инструменты, которые могут входить в обязательный набор инспектора технического надзора или дополнять его:
 - измерительные лупы;
 - угольники поверочные 90° лекальные;
 - угломеры с нониусом;
 - штангенциркули, штангенрейсмасы и штангенглубиномеры;
 - щупы;
 - микрометры;
 - измерители стенок труб и толщиномеры индикаторные;
 - микрометры;
 - калибры;
 - металлический измеритель длины (рулетки, стальные измерительные линейки);
 - нутромеры микрометрические и индикаторные;
 - шаблоны: специальные, радиусные, резьбовые и др.;
 - УШС-2, УШС-3 (шаблоны для геометрических параметров швов);
 - поверочные плиты;
 - набор специальных принадлежностей.

Данный метод контроля, ВИК относится к методам осуществимым с минимальным набором инструментов. Он заключается в сборе информации и основан на квалификации специалиста, человеческом факторе, но позволяет составлять акт визуального осмотра сварных швов, который считается объективным документом.

ВИДЕОЭНДОСКОПЫ

- **Промышленный видеоэндоскоп – продвинутый инструмент для визуального диагностирования**
- Помимо наборов ВИК, для проведения визуального контроля в технической диагностике широко применяют видеоэндоскопы. Оснащённые длинными гибкими зондами и цветными камерами, они позволяют производить телеинспекцию самых труднодоступных механизмов, коммуникаций, внутренних полостей и пр. Картинка выводится на экран электронного блока в режиме реального времени. Управление артикуляцией зонда выполняется при помощи встроенного либо вынесенного отдельно джойстика и клавиш. Полученные в процессе диагностики фото, видео, голосовые комментарии (если таковые записывались – об этом чуть ниже) передаются на ПК или выводятся на большие экраны для более детального изучения. Для этого в устройствах предусмотрены аналоговые разъёмы, порты USB, а также поддержка соединений LAN, Ethernet и др.



- В отличие от уже упомянутого [набора ВИК](#), **видеоэндоскоп** не является средством измерения. Да, во многих продвинутых моделях доступны измерительные функции, но они носят, скорее, вспомогательный, оценочный характер. Во всяком случае, в Госреестр ИС такие приборы пока не вносят. Несмотря на это, они незаменимы для диагностики следующих объектов: печей и теплообменников;
- скрытых коммуникаций в стенах и перекрытиях (водоснабжение, канализация, отопление, вентиляция, электропроводка);
- сосудов, резервуаров и всевозможного ёмкостного оборудования;
- всевозможных двигателей и приводов;
- воздухопроводов, вентиляторов, фильтров;
- турбин и иных вращающихся агрегатов;
- насосного и компрессорного оборудования;
- трубопроводов самых разных типов, от паропроводов и газопроводов до дренажных трубок и масляного контура генераторных установок;
- оружейных стволов, различных передаточных механизмов и т.д.
- Если бы не видеоэндоскопы, то каждый раз для осмотра требовалось бы производить демонтаж (а затем – и повторную сборку), на длительное время останавливать эксплуатацию, тратить огромное количество времени и денег. Не говоря уже о том, что далеко не всегда есть физическая возможность деликатно разобрать диагностируемое оборудование. Оптические приборы, о которых пойдёт речь, позволяют избежать многомиллионных убытков, при этом сами стоят в десятки раз дешевле. В линейке jProbe, например, есть приборы в пределах 150 000–500 000 рублей. Стоимость моделей премиум-класса в зависимости от комплектации вполне может перевалить за 1 млн рублей, но даже эти деньги не идут ни в какое сравнение с теми издержками, которые возникают, например, при длительной остановке газотурбинной установки, паровой турбины или циркуляционного насоса на каком-нибудь конвейерном производстве.

С точки зрения компоновки видеоэндоскоп состоит, как мы уже отметили, из электронного блока с дисплеем и клавиатурой, джойстика (пульта управления), сменных зондов разной длины и диаметра. Дополнительно могут быть предусмотрены сменные оптические объективы, инструменты для извлечения посторонних предметов из осматриваемых полостей, всевозможные адаптеры, направляющие, центраторы, проталкивающие устройства и т.д. Учитывая, что оптика требует бережного обращения, транспортировка всей этой аппаратуры осуществляется в ударопрочных кейсах.

Популярные в России марки управляемых видеоэндоскопов: jProbe (модели VJ-ADV, PX, GX, MX, ST, NT и другие),

- viZaar (серия INVIZ),
- eVIT (модели TX, FS, LP, MS и другие),
- Olympus (серия IPLEX),
- GE (Mentor Visual iQ).
- Как видим, выбрать есть из чего: достойные по качеству приборы выпускаются в Японии, Германии, Тайвани и других странах.



- **Камеры современных видеоэндоскопов**

- Камеры располагаются в дистальной части зондов. Зонды, помимо своей гибкости, отличаются высокой прочностью. Многослойные оплётки с применением стали, алюминия, углеволокна, карбона и других современных материалов выдерживают постоянный контакт с водой, маслами, грязью, прочими агрессивными средами. Защиту самой камеры обеспечивает стальной наконечник с сапфировым стеклом.

HD-качество фото (чаще всего в JPEG, BMP, TIFF, PNG и другие) и видеозаписи (AVI, MPEG-4) давно является стандартом для профессиональных устройств. Теоретически, многие производители давно могли бы перейти на разрешение 4К, однако купить такой видеоэндоскоп смогут далеко не все потребители ввиду высокой стоимости. Поэтому на сегодняшний день вполне достаточно 1920x720 пикселей (у jProbe ST – 1920x1080 пикселей), а для некоторых задач – и 640x480 пикселей. Тем более что, помимо разрешения камеры, имеет значение и разрешение дисплея, на который выводится изображение. В большинстве случаев это цветные LCD- или TFT-экраны. Слишком большой и «навороченный» встроенный экран ни к чему. Во-первых, это удорожание прибора. Во-вторых, увеличение габаритов блока. В-третьих, расход АКБ. В-четвёртых, гораздо умнее предусмотреть в приборе разъёмы – для подключения к внешнему большому монитору (например, телевизора или ноутбука).

Камеры, как правило, предусматривают возможность замены оптического объектива. Это зависит от того, какой нужен угол обзора, какое фокусное расстояние и применяются ли измерительные опции.



- **Функционал управляемых видеоэндоскопов**

- Набор опций различается в зависимости от стоимости. Наиболее продвинутые в техническом плане и, соответственно, более дорогостоящие приборы предоставляют оператору массу возможностей. Например: повышать резкость изображений, уменьшая влияние помех и шумов;
- регулировать яркость, насыщенность цветов, контрастность;
- измерять линейные размеры и площадь. У наиболее продвинутых приборов доступно измерение линейных размеров, расстояний между точками, длины изогнутых линий, площади дефектов, высоты, глубины, диаметров и пр. Видеоэндоскоп IPLEX TV, например, поддерживает технологии 3D-моделирования. В модели другой марки, eVIX MS, реализована технология Matrix Measurements, которая позволяет компенсировать погрешности, связанные с позиционированием зонда. Одним словом, благодаря развитию оптики, софта и цифровых технологий в целом, топовые производители могут предложить массу полезных опций для более производительной телеинспекции;
- инвертировать изображение из позитива в негатив и наоборот;
- увеличивать картинку;
- «замораживать» изображение (использовать так называемый стоп-кадр);
- изменять фокусное расстояние;
- сравнивать текущее изображение с записанным ранее – чтобы наглядно отследить динамику развития дефектов, изменения в положении деталей, скопление отложений и прочие процессы;
- зеркально отражать и вращать картинку;
- использовать так называемый захват изображения (фото и/или видео) – для повторного просмотра;
- добавлять текстовые и голосовые комментарии. В первом случае может быть также доступен выбор цвета для шрифта.
- Всё это стало возможным благодаря умным математическим алгоритмам, реализованным в видеоэндоскопах. Кроме того, ко многим из них прилагается профессиональный софт для ПК. Программное обеспечение для десктопов позволяет менять настройки съёмки, экспортировать файлы, обрабатывать изображения, вести архив проектов и т.д. И в ПО, и в самих устройствах заложены обширные возможности для группирования файлов, переименования, сортировки, удаления. Рабочие файлы записываются на SD-карту, могут передаваться по проводным и беспроводным соединениям на ПК.

- **Какой видеоэндоскоп выбрать**

- Отталкиваться, как всегда, нужно от объекта. А точнее – от тех его частей, узлов и механизмов, которые подлежат осмотру. Расстояние до них? Освещённость в рабочей зоне? Температура? Какие среды (воды, грязи, масла)? Величина зазоров, через которые предстоит проталкивать зонд? На какие типы дефектов (повреждений) будет направлен поиск? Какие требования к отчётам по результатам диагностики? В каком виде нужно передавать фото и видео? Сначала – ответы на эти вопросы, а уже после – разговор о цене и изучение технических характеристик.

После того, задачи и условия проведения телеинспекции определены, при подборе видеоэндоскопа учитывают следующие параметры: возможность использовать разные зонды (у самых бюджетных моделей её может и не быть);

- длина и диаметр сменных зондов. Длина может составлять менее 1 м, а может достигать 120 м и более (у систем телеинспекции). Для большинства профессиональных видеоэндоскопов обычно используются зонды длиной от 1 до 30 м. Диаметр можно подобрать очень скромный (в пределах 2,4 мм) либо, если позволяет контролёдоступность, – до 40–70 мм. Ещё одна важная характеристика зондов – подсветка. У большинства современных видеоэндоскопов предусмотрена регулируемая LED-подсветка, как наиболее экономичная и надёжная;
- качество съёмки. Мы уже сказали об этом выше. У бюджетных моделей разрешение в пределах 350 000 пикселей. Большинство профессиональных устройств среднего ценового сегмента имеют 400 000–500 000 пикселей. У самых дорогостоящих приборов этот параметр переваливает за 2 млн пикселей. Чем чётче картинка, тем проще «расшифровка» увиденного. Тем легче выявлять проблемные участки, оценивать состояние снятых деталей. Тем сложнее перепутать, допустим, какой-нибудь поверхностный дефект и банальное загрязнение;
- увеличение. В современных видеоэндоскопах обычно предусматривают цифровой зум с диапазоном увеличения до 5 крат;
- артикуляция. Сервоприводы в современных моделях позволяют управлять дистальным концом в 4 направлениях. У некоторых доступен поворот наконечника на 180° или даже на 360°. Для удобного управления не менее важна скорость отклика на команды оператора. Чем быстрее привод реагирует на манипуляции с джойстиком (или клавиатурой), тем лучше;
- потребность в измерительных функциях (то, о чём мы говорили чуть выше);
- диагональ и разрешение дисплея для экспресс-просмотра. Чаще всего это LCD- или TFT-экраны. Диагональ может составлять скромные 3 дюйма и достигать внушительных 7, 10.4 дюймов и более. Прибор jProbe PX Plus, например, оснащён сенсорным дисплеем, что вкупе с «горячими» клавишами делает управление ещё проще;
- возможность записи голосовых комментариев. У одних видеоэндоскопов есть разъём для проводного микрофона, с другими можно использовать гарнитуру через Bluetooth.
- объём памяти SD-карты. С учётом разрешения съёмки – 32 Гбайт вполне достаточно.
- наличие портов для подключения внешних устройств и экспорта данных (HDMI, USB, DisplayPort, VGA, S-Video, PAL/NTSC и другие);
- эргономичность корпуса. Имеется в виду не только удобство его исполнения, но и класс прочности, пыле- и влагостойкости. Класс IP67 указывает на то, что прибор справляется даже с самыми тяжёлыми условиями эксплуатации;
- ёмкость аккумулятора. Видеоэндоскоп – прибор переносной. Чем мощнее АКБ, тем дольше он может работать без подзарядки. Встречаются аккумуляторы никель-металлгидридные (например, у INVIZ VUMAN E3) и литий-ионные (eVIT LP). Не будем погружаться в преимущества и недостатки NiMH и Li-ion. Продолжительность автономной работы, заявляемая производителями, обычно варьируется от 3 до 8 часов, но это всё очень условно. В некоторых приборах, например, доступен турбо-режим подсветки – если часто его использовать, то любая батарея подсядет довольно быстро;
- хранение зонда. Если длина не слишком большая, то его можно просто аккуратно смотать и сложить. Если же длина составляет, допустим, 10, 20, 30 м и тем более 120 м – не обойтись без специального барабана (катушки);
- комплектация. Что вы получаете за указанную стоимость видеоэндоскопа? В одном случае вам достаётся полный набор аксессуаров, включая центрирующие устройства, насадки, объективы, специальные адаптеры для бокового обзора, проталкивающие приспособления, сменный аккумулятор и т.д. В другом – базовый комплект очень скромный, и за каждый дополнительный инструмент приходится доплачивать.
- В помощь специалистам, которые озадачены покупкой и эксплуатацией видеоэндоскопов – на форуме «Дефектоскопист.ру» работает раздел [«Визуальный и измерительный контроль»](#), где можно задать любой вопрос по этой теме.