

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Кафедра «Эксплуатация и ремонт машин»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям и самостоятельным работам
по дисциплине

«Методы и средства измерений, испытания и контроля»

для студентов очного и заочного обучения

Института механизации и технического сервиса

по направлению подготовки

35.03.06 *Агроинженерия*

направленность (профиль) подготовки

Технический сервис в АПК

Казань, 2018

УДК 681.2.084(076)
ББК 30.607

Составитель: Салахов И.М., Матяшин А.В., Вафин Н.Ф.

Рецензенты:

Кандидат технических наук, доцент кафедры машины и оборудования в агробизнесе ФГБОУ ВО Казанского ГАУ Лукманов Р.Р.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Дорожно-строительные машины» Казанского государственного архитектурно-строительного университета Земдиханов М.М.

Методические указания утверждены и рекомендованы к печати на заседании кафедры «Эксплуатация и ремонт машин» Казанского ГАУ «12» февраля 2018 года (протокол № 13).

Методические указания обсуждены, одобрены и рекомендованы к печати на заседании методической комиссии Института механизации и технического сервиса Казанского ГАУ «16» февраля 2018 года (протокол № 6).

Салахов И.М., Матяшин А.В., Вафин Н.Ф. Методические указания к практическим занятиям и самостоятельным работам по дисциплине «Методы и средства измерений, испытания и контроля» / И.М. Салахов, А.В. Матяшин, Н.Ф. Вафин - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2018. - 44 с.

Изучение дисциплины «Методы и средства измерений, испытания и контроля» направлено на формирование профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, направленность (профиль) подготовки «Технический сервис в АПК».

УДК 681.2.084(076)
ББК 30.607

© Казанский государственный аграрный университет, 2018.

СОДЕРЖАНИЕ

| | стр. |
|---|------|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1. СРЕДСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ | 5 |
| 1.1 Линейка измерительная металлическая | 5 |
| 1.2 Штангенинструменты | 7 |
| 1.2.1 Штангенциркули | 9 |
| 1.2.2 Штангенглубиномеры | 12 |
| 1.2.3 Штангенрейсмасы | 14 |
| 1.3 Микрометрические инструменты | 16 |
| 1.3.1 Микрометры | 18 |
| 1.3.2 Микрометрические глубиномеры | 22 |
| 1.3.3 Микрометрические нутромеры | 24 |
| 2. СРЕДСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ | 26 |
| 2.1 Методы измерения угловых размеров | 26 |
| 2.2 Контрольные инструменты для измерения угловых размеров методом сравнения | 26 |
| 2.3 Средства для измерения угловых размеров абсолютным методом | 28 |
| 2.4 Средства измерения углов косвенным тригонометрическим методом | 36 |
| УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ | 39 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ | 41 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 42 |

ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе технические измерения играют большую роль. Измерения являются неотъемлемой частью большинства трудовых процессов. На основе измерений получают информацию о состоянии производственных, экономических и социальных процессов. Измерительная информация служит основой для принятия решений о качестве продукции при внедрении систем качества, в научных экспериментах и т.д.

Для количественного определения (измерения) того или иного параметра, характеристик продукции, процесса, явления, т.е. любого объекта измерения, необходимо:

- выбрать параметры, характеристики, которые определяют интересующие нас свойства объекта;

- установить степень достоверности, с которой следует определять выбранные параметры, установить допуски, нормы точности и т.д.;

- выбрать методы и средства измерений для достижения требуемой точности;

- обеспечить готовность средств измерений выполнять свои функции привязкой средств измерений к соответствующим эталонам (посредством периодической поверки, калибровки средств измерений);

- обеспечить учет или создание требуемых условий проведения измерений; обеспечить обработку результатов измерений и оценку характеристик погрешностей.

Настоящие методические указания посвящены изучению раздела «Методы и средства измерения линейных и угловых размеров» дисциплины «Методы и средства измерений, испытания и контроля».

Цели работы:

- 1) изучить метрологические характеристики средств измерений линейных и угловых размеров;

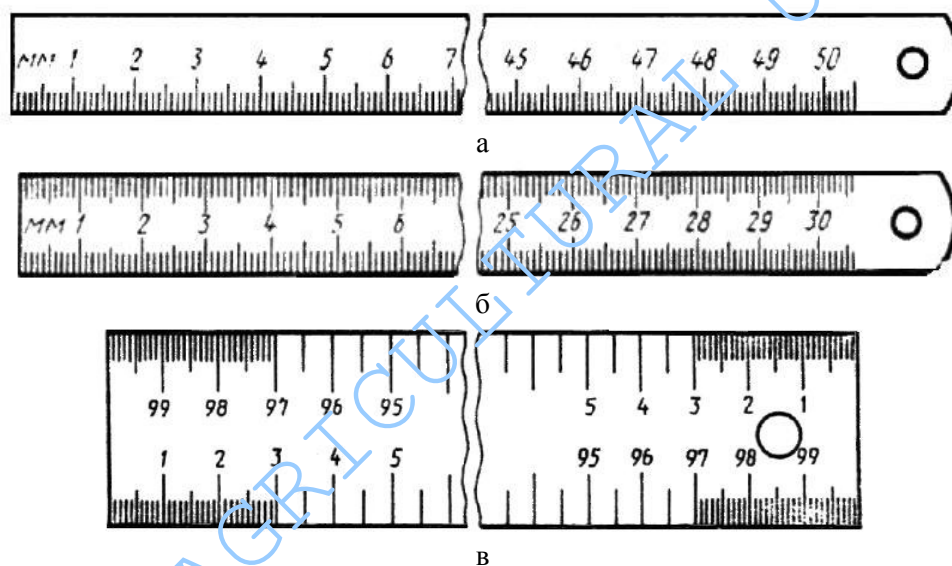
- 2) получить навыки выбора универсальных средств измерений линейных и угловых размеров.

1. СРЕДСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

1.1 Линейка измерительная металлическая

Измерительные металлические линейки (ГОСТ 427-75) предназначены для непосредственных измерений длин. Линейки изготавливаются со следующими пределами измерений: 150; 300; 500; 1000; 1500; 2000; 3000 мм.

Линейки могут быть с одной шкалой (рисунок 1.1, а), с двумя шкалами (рисунок 1.1, б), а также с двумя шкалами, оцифровка которых направлена в противоположные стороны (рисунок 1,1, в). Цена деления шкалы 1 мм.



а - с одной шкалой; б и в - с двумя шкалами

Рисунок 1.1 - Линейка измерительная металлическая

Основные размеры линеек, штрихов и числовых обозначений должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 1.1.

Линейкой производят измерения наружных и внутренних размеров и расстояний (рисунок 1.2), прикладывая линейку с делениями к какой-либо детали, по сути сравнивают ее размер с единицей, хранимой линейкой, и, произведя отсчет, получают значение величины (длины, высоты, толщины и других параметров детали).

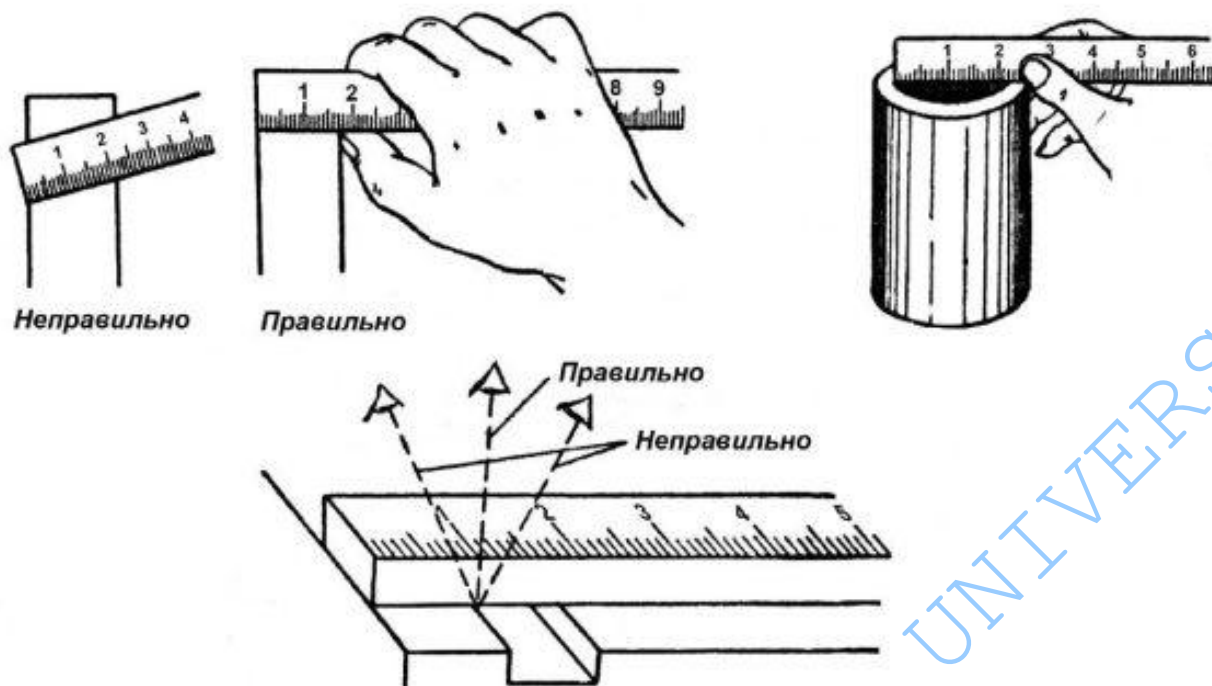


Рисунок 1.2 – Приемы измерения линейкой

Пример условного обозначения измерительной линейки с пределом измерения 300 мм:

Линейка - 300 ГОСТ 427-75

То же, с пределом измерения 1000 мм с двумя шкалами:

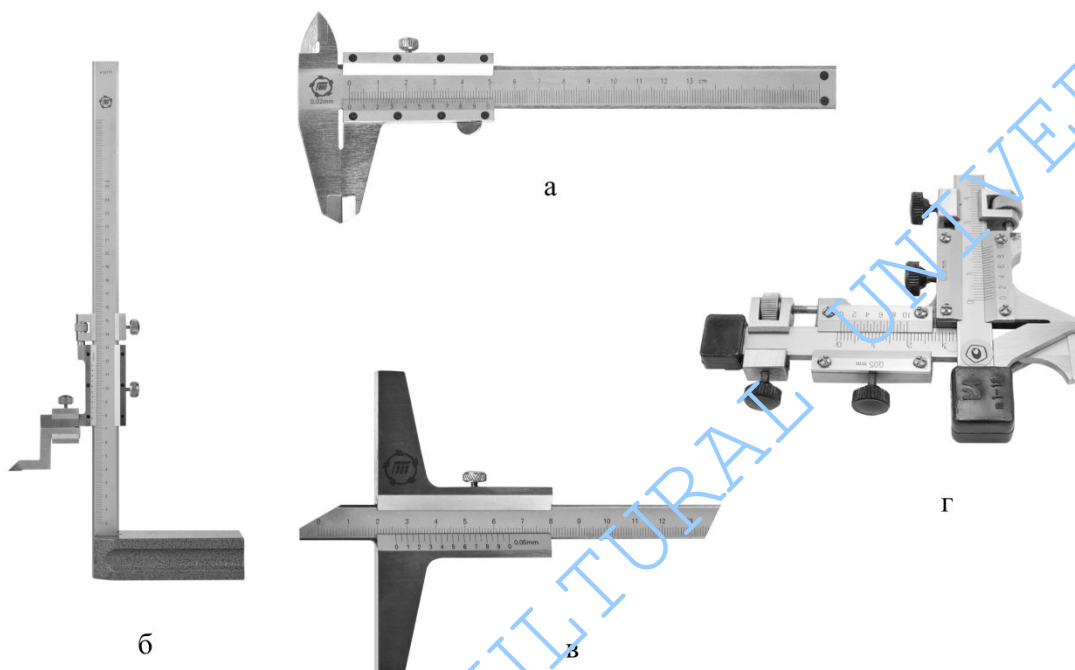
Линейка - 1000 ГОСТ д 427-75

Таблица 1.1 - Основные размеры, размеры штрихов и числовых обозначений линеек

| Наименование основных размеров | Пределы измерений, мм | |
|---|-----------------------|-------------|
| | До 500 | До 3000 |
| Ширина линеек | 18,0 – 22,0 | 36,0 – 40,0 |
| Толщина линеек | 0,4 – 0,6 | 0,8 - 2,0 |
| Длина миллиметровых штрихов, не менее | 3,5 | 5,0 |
| Длина полусантиметровых штрихов, не менее | 5,0 | 7,0 |
| Длина сантиметровых штрихов, не менее | 6,5 | 9,0 |
| Высота числовых обозначений, не менее | 3,0 | 3,0 |
| Ширина штрихов | 0,20 ± 0,05 | |

1.2 Штангенинструменты

Штангенинструменты применяются для измерения линейных размеров методом прямого измерения или для нанесения размеров на поверхности заготовок в процессе разметки. К ним относятся: штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмасы, штангенугломеры и др. (рисунок 1.3).



а – штангенциркуль; б – штангенрейсмас; в - штангенглубиномер; г - штангензубомер

Рисунок 1.3 – Штангенинструменты

В настоящее время выпускают три группы штангенинструментов:

- механические штангенинструменты с отсчетов по штриховой шкале, оснащенные нониусом;
- штангенинструменты с отсчетом по циферблату;
- электронный штангенинструмент с цифровым отсчетом.

Штангенинструменты с отсчетом по штриховой шкале имеют штангу (отсюда их название) с матовым хромированным покрытием для безбликового считывания, на которой нанесена основная шкала, и нониус — вспомогательную шкалу, служащую для точного отсчета долей делений.

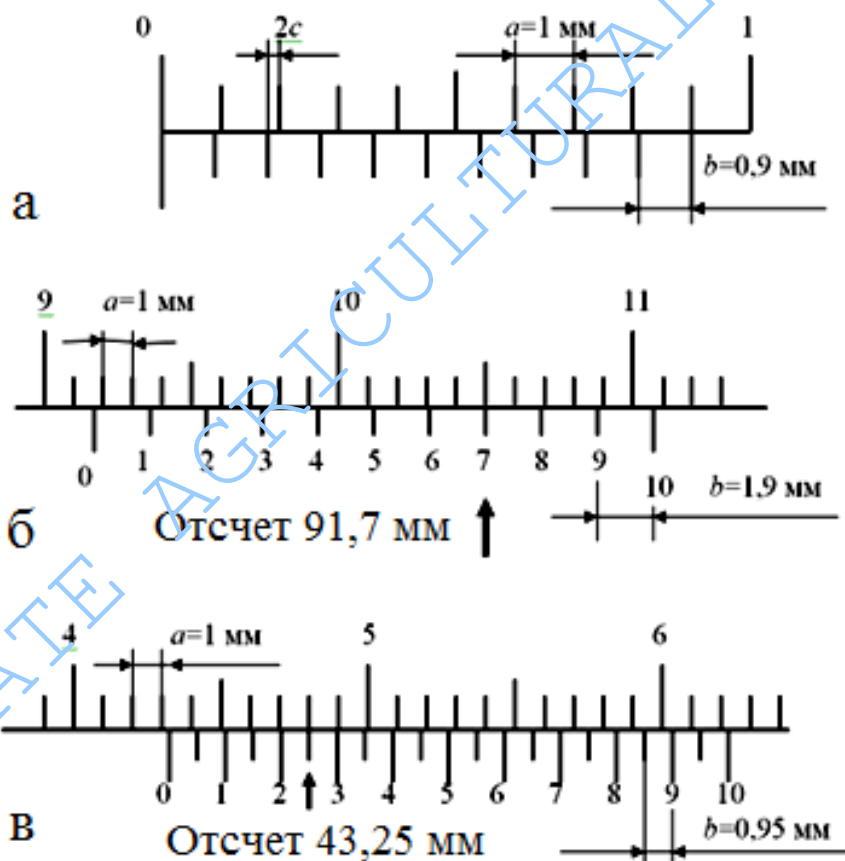
Нониус – это дополнительная шкала, нанесенная на линейке специального устройства. Нониус позволяет отсчитывать трудно оцениваемые на глаз доли целых делений основной шкалы, расположенной на штанге инструмента.

Пределы измерения нониуса штангенинструментов равны цене деления основной шкалы $a = 1$ мм.

Нониусы имеют различную цену c деления шкалы (отсчет по нониусу) и модуль y , который показывает, через какое число делений основной шкалы будут располагаться штрихи нониуса, смещенные на значение отсчета.

Линейные нониусы бывают нескольких типов (рисунок 1.4). Основные параметры нониуса определяются:

- числом деления шкалы нониуса $n = a / c$;
- длиной деления шкалы нониуса $b = y \cdot a - c$;
- полной длиной шкалы нониуса $l = n \cdot b = (y \cdot n - 1) \cdot a$.



а) $c = 0,1$ мм; $y = 1$; $n = 10$;

б) $c = 0,1$ мм; $y = 2$; $n = 10$;

в) $c = 0,05$ мм; $y = 1$; $n = 20$.

Рисунок 1.4 - Отсчеты по нониусам штангенинструментов

Если нулевой штрих нониуса совпадает со штрихом основной шкалы, например, при плотно сдвинутых губках штангенциркуля (рисунок 1.4, *a*), то первый штрих нониуса смещен от штриха основной шкалы, на значение c отсчета по нониусу, второй штрих - на $2c$, третий штрих - на $3c$ и т.д.

При перемещении нулевого штриха нониуса между делениями основной шкалы штрихи нониуса будут поочередно совпадать со штрихами основной шкалы. Когда дробная доля размера $\Delta l = c$, то со штрихом шкалы совпадает первый штрих нониуса, при $\Delta l = 2c$ - второй штрих, при $\Delta l = 3c$ - третий штрих и т.д. Таким образом, указателем для нониуса служит штрих основной шкалы, совпадающий со штрихами нониуса. Число десятых долей миллиметра при отсчете по нониусу равно номеру этого штриха нониуса, умноженному на отсчет по нониусу c . На рисунке 1.4, *б* и *в* значения отсчетов равны 91,7 мм и 43,25 мм.

1.2.1 Штангенциркули

Штангенциркули предназначены для измерения наружных и внутренних размеров до 2000 мм. Согласно ГОСТу 166-89 штангенциркули изготавливают следующих основных типов:

I – двусторонние с глубиномером;

TI – односторонние с глубиномером с измерительными поверхностями из твердых сплавов;

II – двусторонние;

III – односторонние.

Штангенциркуль ШЦ-I (рисунок 1.5) состоит из штанги 1, по которой перемещается рамка 2. На штанге нанесена основная шкала 3 с ценой деления 1 мм, а на рамке – шкала 4 нониуса. Зажим рамки осуществляется винтом 5. Для измерения внутренних размеров служат губки 6, а для измерения наружных размеров – губки 7. Измерение глубины осуществляется глубиномерной линейкой 8.

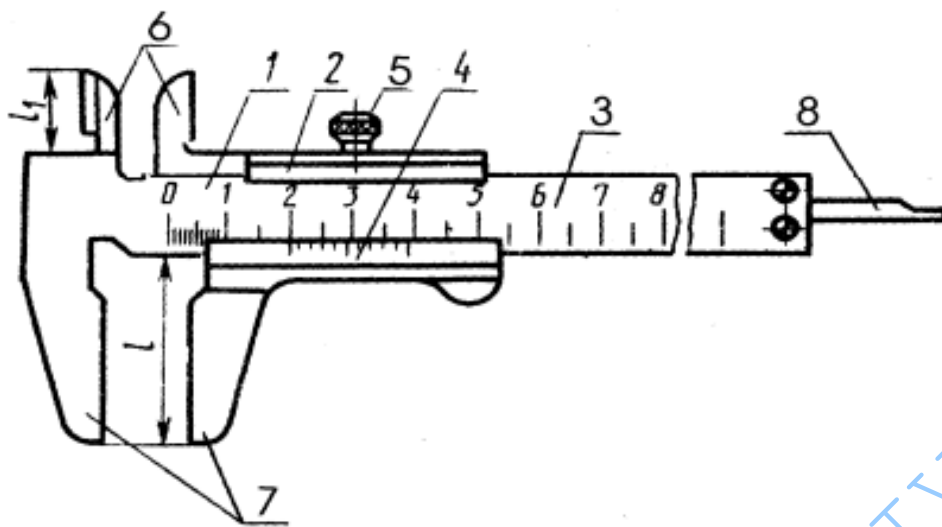


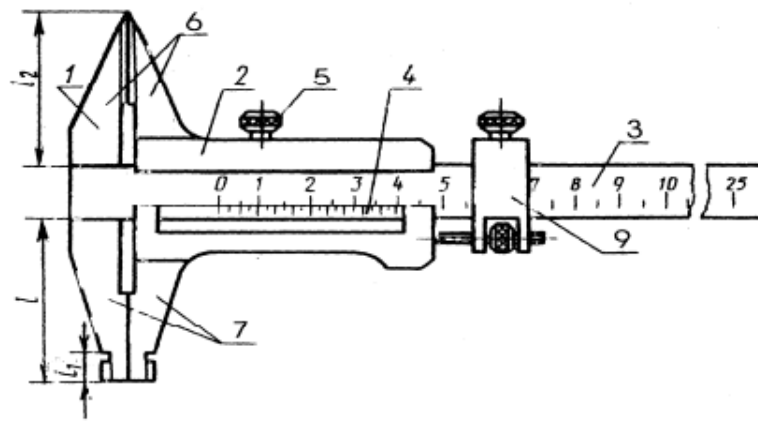
Рисунок 1.5 - Штангенциркуль ШЦ-I

Штангенциркули типа I отличаются от типа I тем, что отсутствуют у них губки 6 для измерения внутренних размеров, а рабочая поверхность губок 7 выполнена из твердого сплава.

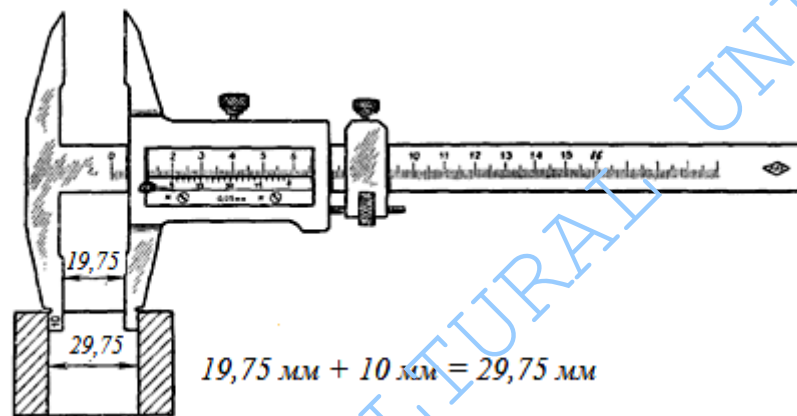
Штангенциркуль типа II (рисунок 1.6, а) имеет верхние губки 6 с кромочными измерительными поверхностями для измерения наружных размеров и губки 7 с плоскими измерительными поверхностями для измерения наружных размеров и цилиндрическими поверхностями для измерения внутренних размеров. Заостренные концы верхних губок 6 используют также для нанесения рисок при выполнении разметочных работ.

Для установки рамки на точный размер предусмотрено устройство микроподачи 9, которой пользуются только при установке необходимого размера. В процессе измерения не следует пользоваться микроподачей.

При измерении внутренних размеров (рисунок 1.6, б) к показаниям штангенциркуля прибавляют общую толщину губок, которая обозначена на их лицевой стороне.



а



б

Рисунок 1.6 - Штангенциркуль ШЦ-II (а) и измерение внутренних размеров (б)

Штангенциркули типа III – односторонние штангенциркули, предназначенные для измерения наружных и внутренних размеров. У них отсутствуют верхние губки (рисунок 1.7).

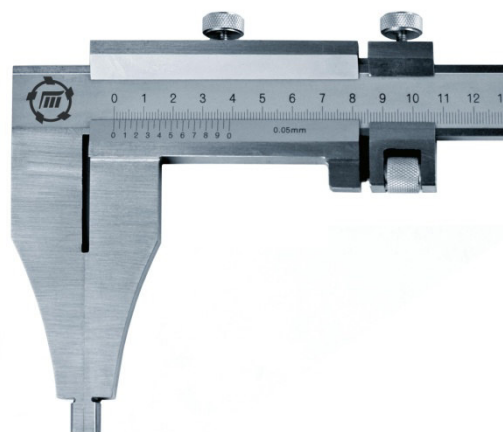


Рисунок 1.7 - Штангенциркуль ШЦ-III

Перед измерением проверяют штангенциркуль, обращают внимание на поверхность губок. Они должны быть ровными, без искривлений и забоин. Чтобы убедиться в этом, губки сдвигают до полного соприкосновения. В исправном инструменте между измерительными поверхностями нет просвета, нулевые штрихи обеих шкал совпадают, рамка ходит плавно, без заеданий и перекоса (рисунок 1.8).

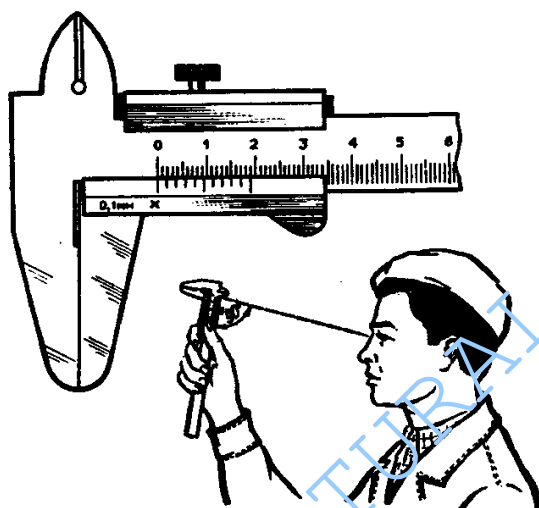


Рисунок 1.8 – Проверка штангенциркуля на просвет

Если же при затяжке винта возникает перекос и размер изменяется или же появляется клиновой зазор между губками, то такой штангенциркуль не пригоден для работы.

1.2.2 Штангенглубиномеры

Штангенглубиномеры (ГОСТ 162-90) (рисунок 1.9) применяется для измерения глубин, выточек, канавок, уступов и т.д. Штангенглубиномер отличается от штангенциркуля тем, что не имеет на штанге неподвижных губок, а подвижные конструктивно оформлены на штанге в виде опорного основания – траверсы с плоскостью, расположенный перпендикулярно к направлению штанги.

У штангенглубиномера измеряемый размер заключен между поверхностью торца штанги и поверхностью основания.

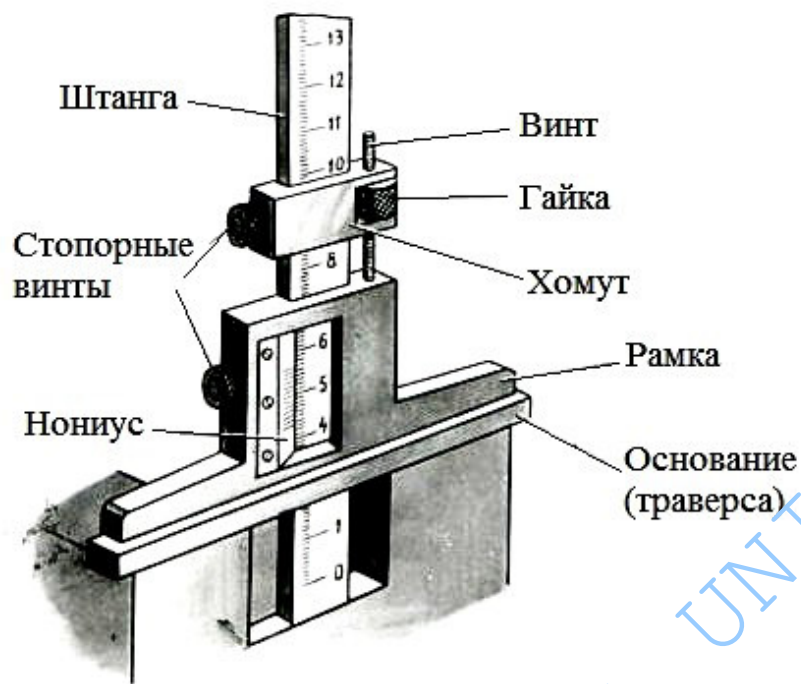
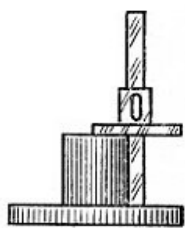
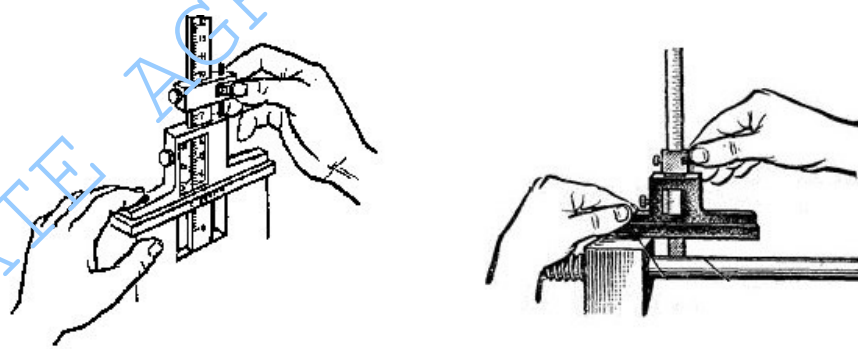
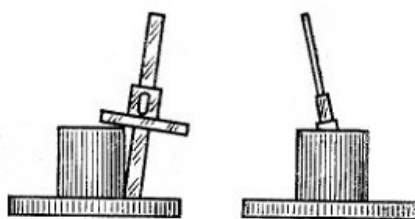


Рисунок 1.9 - Штангенглубиномер

Штангенглубиномеры изготавливают с длиной штанги от 160 до 400 мм и с точностью отсчета по нониусу 0,1 и 0,05 мм. По назначению штангенглубиномеры делятся на три типа: ШГ – с прямой штангой; 2ШГ – с заостренной штангой и 3ШГ – со штангой с Г-образным концом.



Правильно



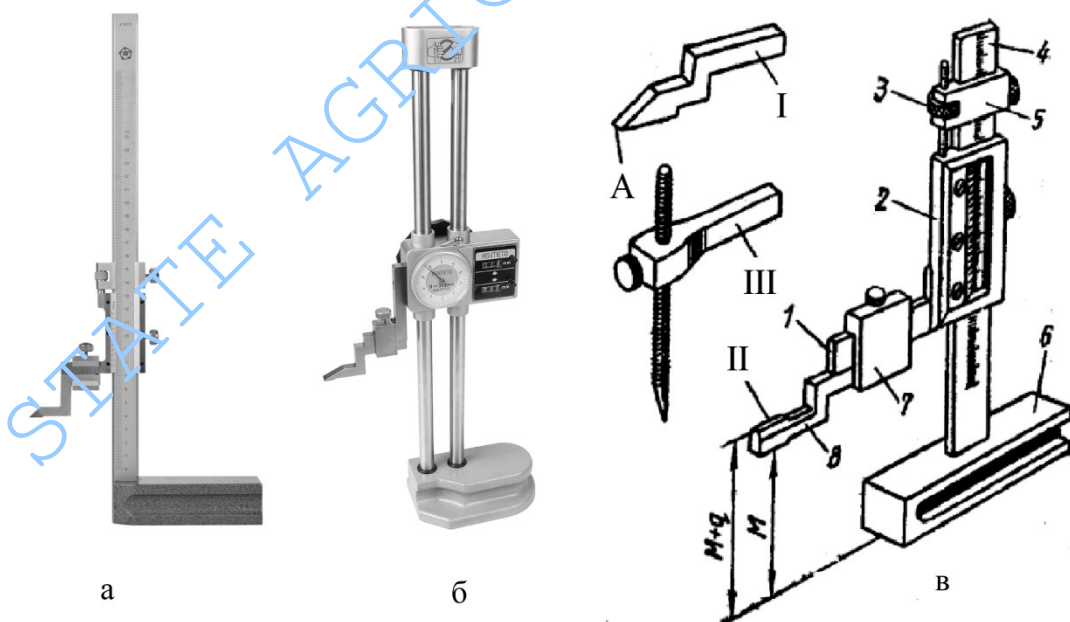
Неправильно

Рисунок 1.10 – Примеры применения штангенглубиномеров

При измерении основание накладывают опорной поверхностью на плоскость измеряемого объекта, а затем, после ослабления рамки и хомутика, продвигают штангу вниз до тех пор, пока она не коснется своим торцом плоскости или выступа измеряемого изделия (рисунок 1.10). В этом положении рамку закрепляют стопорным винтом. Правильность установки глубиномера определяют по просвету между плоскостями основания и измеряемой детали. Перед работой убеждаются в том, что между измерительной поверхностью основания и плитой, на которой устанавливают инструмент, нет просвета, а нулевые штрихи шкал совпадают.

1.2.3 Штангенрейсмасы

Штангенрейсмасы (ГОСТ 164-90) служат для измерения высот и выполнения разметочных работ. Базой для установки инструмента служит поверочная плита. Штангенрейсмас имеет массивное основание *б* (рисунок 1.11) и рамку с подвижной губкой *1*, на которую при помощи хомутика *7* монтируются ножки *8* специальной конструкции.



а – с нониусной шкалой; б – с отсчетом по круговой шкале; в - устройство;

1 - подвижная губка; 2 - рамка с нониусной шкалой; 3 - гайка микроподачи; 4 - штанга; 5 – хомут устройства микроподачи; 6 - основание; 7 - хомут для крепления ножек; 8 - ножка

Рисунок 1.11 – Штангенрейсмас

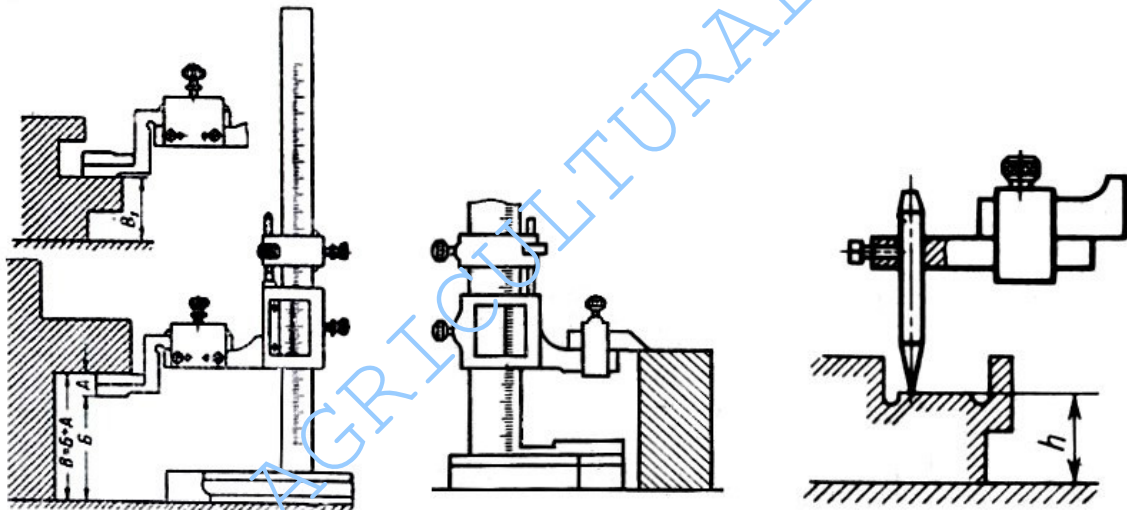
Существует три типа таких ножек.

Ножка I - предназначена для разметки. Поэтому грань *A* этой ножки остро заточена и закалена.

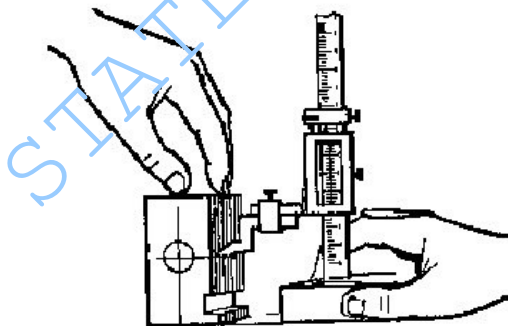
Ножка II имеет две измерительные поверхности, из которых верхняя (в виде ребра двухгранной призмы) служит для внутренних измерений, а нижняя для наружных измерений. При измерении наружных размеров можно пользоваться и ножкой I.

Третий тип ножки представляет собой державку III, в которой можно закреплять иглы различной длины. При помощи игл измеряют высоты в том случае, когда одна из поверхностей измеряемого изделия труднодоступна.

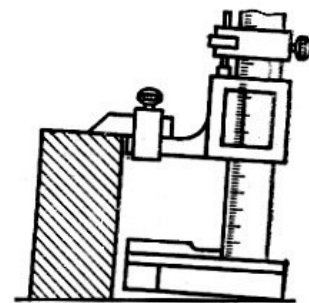
Варианты применения штангенрейсмаса показаны на рисунке 1.12.



Измерение высоты детали



Выполнение разметочных работ



Неправильное использование штангенрейсмаса

Рисунок 1.12 – Варианты применения штангенрейсмаса

Для измерения высоты штангенрейсмасом сначала устанавливают рамку грубо, а потом при помощи микрометрической подачи осторожно перемещают поверхность ножки до соприкосновения ее измеряемой деталью. После этого отсчитывают показания.

Технические характеристики штангенинструментов приведены в приложении 1.

1.3 Микрометрические инструменты

К основным микрометрическим инструментам относятся: микрометры для наружных и внутренних измерений, микрометрические нутромеры (штихмасы), микрометрические глубиномеры и специальные микрометры (для измерения толщины труб, листов и т.п.).

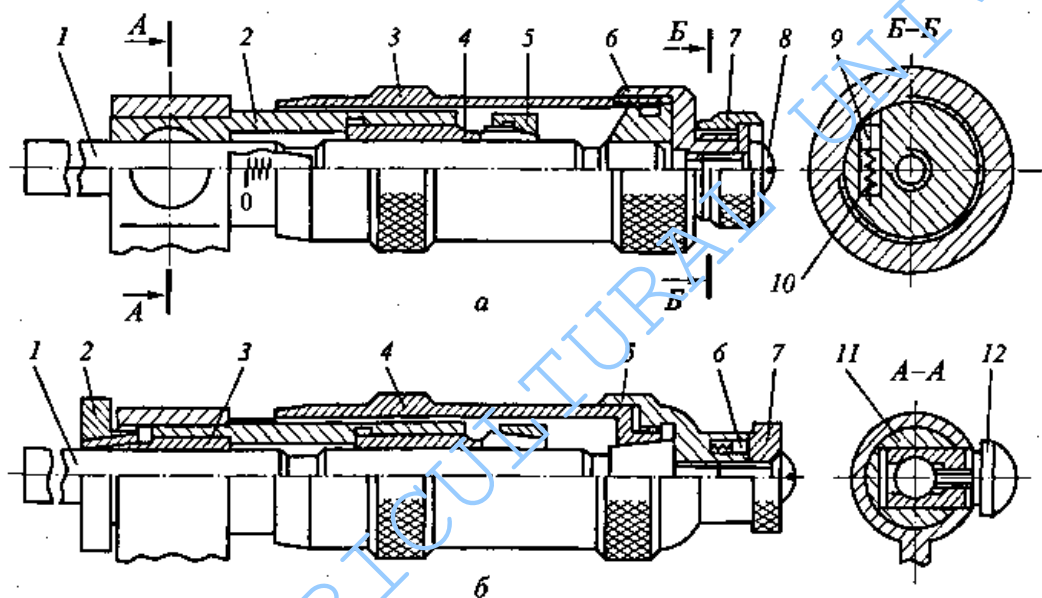
Измерение микрометрическими инструментами осуществляется методами непосредственной оценки, т.е. результаты измерений непосредственно считываются со шкалы инструмента. Принцип действия отчетного устройства (рисунок 1.13) всех микрометрических инструментов основан на использовании пары винт-гайка, преобразующей вращательное движение винта в поступательное движение его торца (пятки).



Рисунок 1.13 – Отчетное устройство микрометрических инструментов

На рисунке 1.14, а показана микрометрическая головка, которую устанавливают на микрометрические инструменты с верхним пределом измерения до 100 мм. Микрометрический винт 1 проходит через гладкое направляющее отверстие стебля 2 и ввинчивается в разрезную микрогайку 4. Микрогайку 4, имеющую три радиальных прореза, стягивают гайкой 5. Регулирование среднего диаметра резьбы микрогайки 4 для устранения зазора в

винтовой паре осуществляют гайкой 5. На микрометрическом винте 7 при помощи накидного колпачка 6 закреплен барабан 3. Палец 9, помещенный в глухое отверстие колпачка, прижимается пружиной 10 к зубчатой поверхности трещотки 7. Трещотка крепится на колпачке при помощи винта 8. При вращении трещотка передает микровинту через палец вращательный момент, обеспечивающий измерительное усилие 5...9 Н. Если измерительное усилие больше, то трещотка проворачивается с характерными щелчками. Винт 12 ввинчивается во втулку 11 и фиксирует микровинт в требуемом положении.



а – с верхним пределом измерений до 100 мм:

1 – микрометрический винт; 2 – стембель; 3 – барабан; 4 – микрогайка; 5 – гайка стяжная; 6 – колпачок накидной; 7 – трещотка; 8 – винт крепления трещотки; 9 – палец; 10 – пружина; 11 – втулка; 12 – винт;

б – с верхним пределом измерений свыше 100 мм:

1 – микрометрический винт; 2 – гайка стопорная; 3 втулка разрезная; 4 – барабан; 5 – колпачок установочный; 6 – палец; 7 – трещотка

Рисунок 1.14 – Микрометрические головки

Микрометрические головки для микрометрических инструментов с пределами измерений свыше 100 мм имеют несколько иное устройство (рисунок 1.15, б). Микровинт 7 стопорится гайкой 2, которая зажимает разрезную втулку 3. Барабан 4 закрепляется установочным колпачком 5 на конусной поверхности микровинта. Палец 6 прижимается к торцевой зубчатой поверхности трещотки 7.

Показания со шкалы микрометра считывают следующим образом (рисунок 1.15):

- по основной шкале 1, расположенной на стебле 2 микрометрической головки, считывает целые миллиметры и половины миллиметров, размер определяют по штриху основной шкалы, видимому из-под скоса барабана;
- по круговой шкале 3 барабана определяют сотые доли миллиметра по штриху шкалы барабана, совпадающему с продольным штрихом основной шкалы;
- к показаниям, считанным по основной шкале, прибавляют показания, считанные со шкалы барабана. Полученная сумма и будет являться размером проверяемой детали.

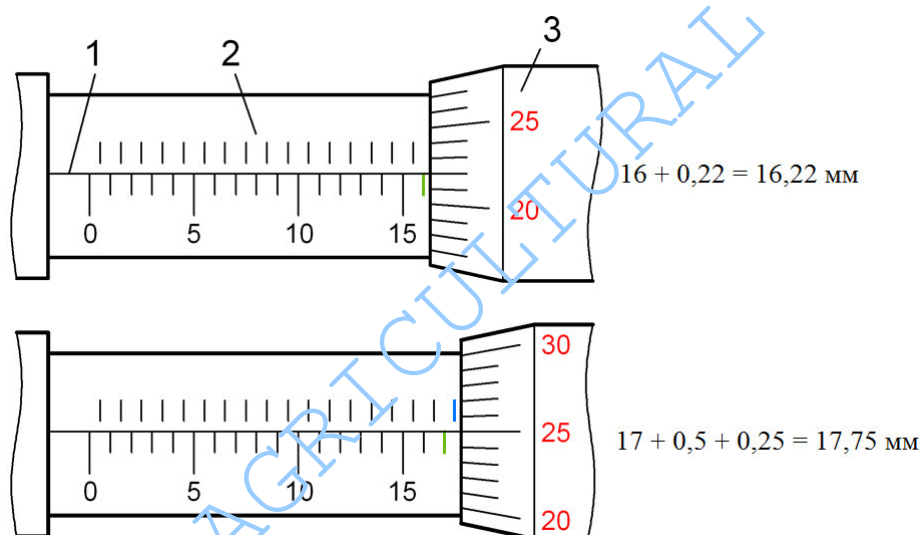


Рисунок 1.15 – Отсчет показаний по шкале микрометра

1.3.1 Микрометры

Конструкции микрометров разнообразны. ГОСТ 6507 устанавливает следующие типы микрометров:

МК – микрометры гладкие для измерения наружных размеров изделий;

МЛ – микрометры листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент;

МТ – микрометры трубные для измерения толщины стенок труб с внутренним диаметром от 12 мм и более;

МЗ – микрометры зубомерные для измерения длины общей нормали;

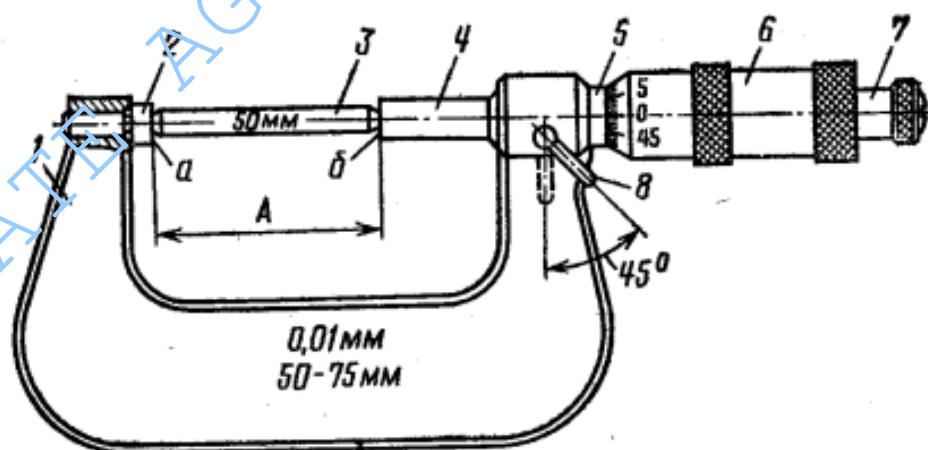
МГ – микрометрические головки для измерения перемещения;

МП – микрометры для измерения толщины проволоки.

Кроме того, по ГОСТу 4380 выпускают микрометры со вставками (МВ), предназначенные для измерения резьбы и мягких материалов; по ГОСТу 11195 – микрометры настольные (МГ) и по ГОСТу 4381 – микрометры рычажные (МР).

Микрометры различаются оформлением приспособления для стабилизации измерительного усилия, стопочного устройства и устройства для установки барабана на нуль.

Современные микрометры для наружных измерений имеют скобу 1 (рисунок 1.16), на левом конце которой запрессована жесткая или сменная пятка 2, оканчивающаяся измерительной поверхностью *a*. На правом конце скобы смонтирована микрометрическая головка *б*. С ней связаны микровинт 4, гладкая часть (подвижная пятка) которого оканчивается измерительной поверхностью *б*, и трещоточное устройство 7, обеспечивающее постоянство измерительного усилия. Неотъемлемой частью микрометра является стопорное тормозное приспособление 8, которое служит для закрепления микровинта (при отсчете после снятия микрометра с изделия) для установки микрометра на нуль.



- 1 - скоба; 2- жесткая пятка; 3 - калибр для установки микрометра на нуль;
4 - подвижная пятка (микровинт); 5 - стемель; 6 - микрометрическая головка;
7 - трещоточное устройство; 8 - тормозное приспособление

Рисунок 1.16 - Микрометр гладкий для наружных измерений

Порядок настройки микрометра:

1. Проверяют совпадение нулевых штрихов.

При правильной установке микрометра нулевой штрих барабана совпадает с продольным отсчетным штрихом на стебле, а начальный штрих основной шкалы виден полностью. У начального штриха основной шкалы могут стоять цифры 0; 25; 50; 75 мм и т.д. в зависимости от пределов измерения. Если нулевые штрихи не совпадают, то микрометр нужно перенастроить.

2. При помощи трещоточного устройства доводят до соприкосновения подвижную и неподвижную пятки.

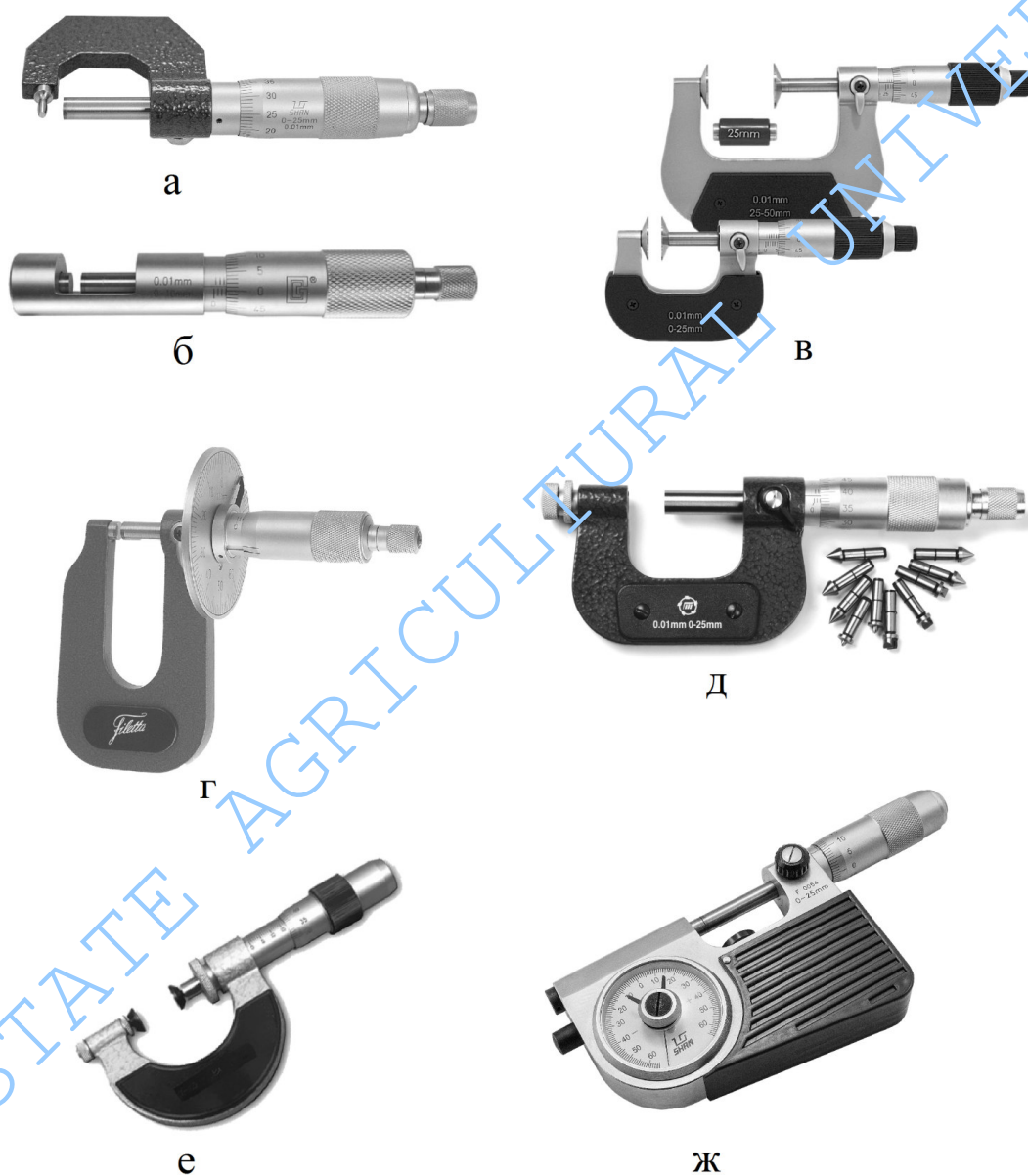
Если же необходимо установить микрометр с пределами измерения больше чем 25 мм, то между измерительными плоскостями пятки и микровинта зажимают (также при помощи трещотки) соответствующий калибр, приложенный к микрометру, после чего стопорят микровинт.

3. Далее у микрометров отвинчивают не более чем на пол-оборота установочный колпачок 6. В результате этого барабан освобождается и его можно повернуть относительно оси так, чтобы штрихи совпали. Во всех случаях после освобождения барабан разъединяют с микровинтом. Для этого барабан сдвигают вдоль стебля влево до появления щелчка. Затем, придерживая барабан левой рукой, закрепляют его установочным колпачком.

Перед началом измерений между измерительными поверхностями устанавливают расстояние больше измеряемого. Микрометр осторожно наводят на изделие и снова вращают его за трещотку до тех пор, пока измерительные поверхности пятки не коснутся детали. После этого микрометр слегка покачивают во взаимно перпендикулярных плоскостях, одновременно работая трещоткой. Эта операция позволяет найти наименьший размер в сечении измеряемой детали и тем самым исключить ошибки, вызванные неправильным положением инструмента. Нельзя наводить микрометр на изделие с усилием, так как это может вызвать изгиб скобы, смятие резьбы или повреждение измерительных поверхностей. Микрометры с большими пределами измерения (100, 150, 200 мм и т.д.) укрепляют в специальных

штативах. По предельной погрешности микрометры бывают класса 0 и 1, а при переаттестации могут быть классифицированы классом 2.

Существуют также микрометры специального назначения (рисунок 1.17), например, микрометр для измерения толщины стенок труб, у которого жесткая пятка имеет сферическую измерительную поверхность, или микрометр для измерения толщины листов и лент, имеющих специальный циферблат.



а - микрометры трубные МТ; б - микрометр МП; в – микрометр зубомерный МЗ;
г - микрометры листовые с циферблатом МЛ; д - микрометр со вставками для измерения среднего диаметра резьбы; е - микрометр со вставками для измерения мягких материалов; ж - микрометр рычажный МР с отчетным устройством, встроенным в скобу

Рисунок 1.17 – Микрометры специального назначения

1.3.2 Микрометрические глубиномеры

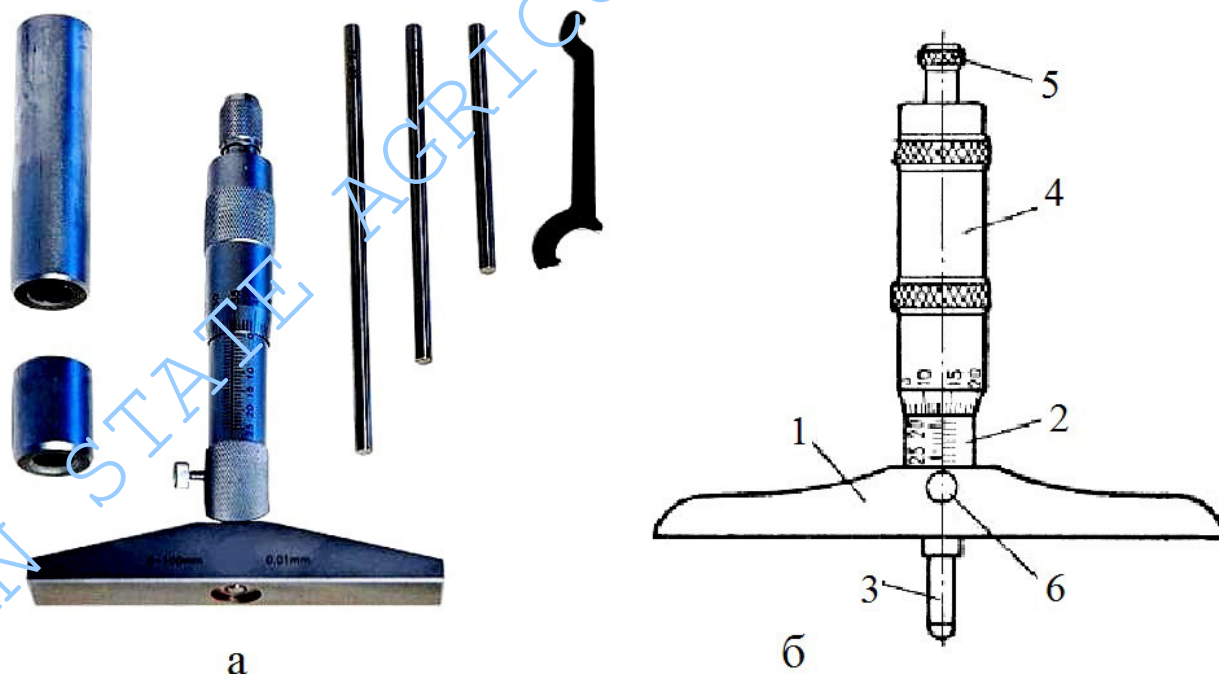
Микрометрические глубиномеры (ГОСТ 7470-92) предназначены для измерения глубины отверстий, уступов, выточек и т.д. В отличие от микрометров у глубиномеров со стеблем соединена не скоба, а траверса и нуль основной шкалы расположен справа.

Микрометрические глубиномеры изготавливают двух типов:

ГМ – с отсчетом по шкалам стебля и барабана;

ГМЦ – с отсчетом по электронному цифровому устройству и шкалам стебля и барабана.

Микрометрический глубиномер (рисунок 1.18) состоит из основания 1, стебля 2, барабана 4, соединяемого с микровинтом с помощью гайки. Вращение микровинта осуществляется за трещотку 5, которая ограничивает усилие измерения. Фиксация микровинта осуществляется стопорным винтом 6. Для измерения в различных диапазонах предусмотрены сменные измерительные стержни 3.



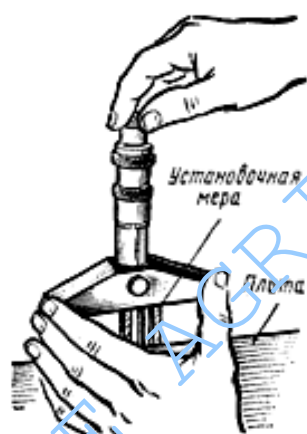
а – общий вид; б – устройство; 1 – основание; 2 – стержень; 3 – стержень;
4 – барабан; 5 – трещоточное устройство; 6 – стопорный винт

Рисунок 1.18 - Микрометрический глубиномер

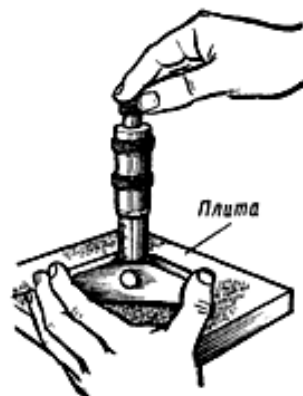
На конце стержня имеется пружинящее устройство, обеспечивающее связь стержня с микровинтом. Сменные стержни бывают размеров: 0...25 мм, 25...50, 50...75 и 75...100 мм. Длина стержня зависит от измеряемой глубины. Расстояние между торцами каждого стержня точно выдержано, поэтому глубиномер устанавливать на нуль можно по одному из четырех стержней. Чаще всего устанавливают по стержни размером 25 мм.

Порядок установки микрометрического глубиномера на нуль (рисунок 1.19):

1. Барабан микрометрической головки вывертывают так, чтобы измерительная поверхность стержня утонула в траверсе.
2. Поставив траверсу рабочей поверхностью на плиту и прижимая ее левой рукой, правой вращают головку трехстоечного устройства до пробуксовки и стопорят микровинт.



При пределах измерения 0—25 мм



При верхнем пределе измерения
свыше 25 мм (50, 75 и 100 мм)

Рисунок 1.19 - Проверка нулевого положения глубиномера

3. Ослабляют установочный колпачок и отжимают барабан вниз до тех пор, пока он не будет свободно проворачиваться. В этом положении барабан устанавливают на нуль, а колпачок затягивают.

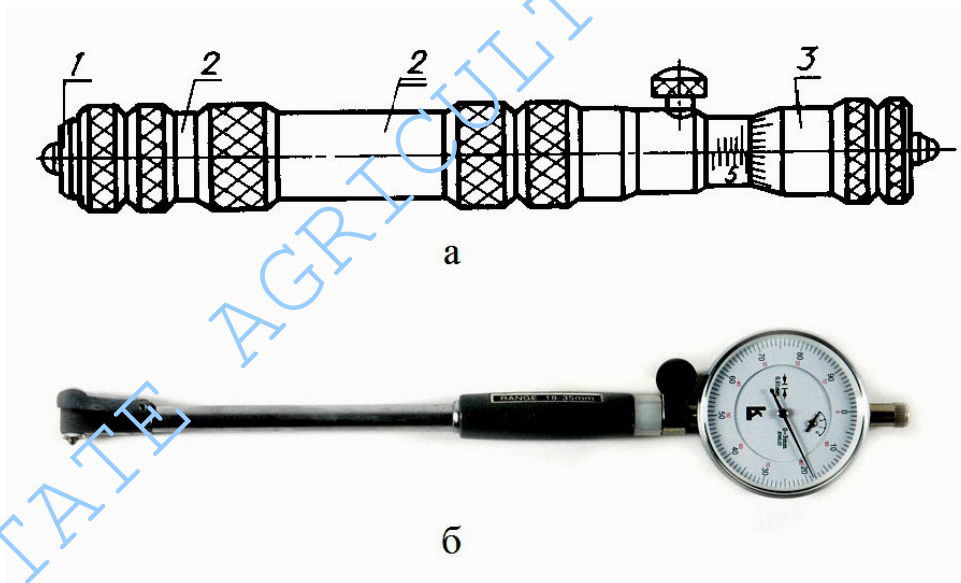
1.3.3 Микрометрические нутромеры

Микрометрические нутромеры (штихмас) (ГОСТ 10-88) предназначены для измерения внутренних размеров свыше 50 мм. В качестве отчетного устройства используют такие же микрометрические головки, как для микрометров.

Микрометрические нутромеры изготавливаются с пределами измерений: 50 – 75, 75 – 175, 75 – 600, 150 – 1250, 800 – 2500, 1250 – 4000, 2500 – 6000, 4000 – 10000 мм.

Нутромеры с верхним пределом измерения до 2500 мм изготавливаются с микрометрической головкой (рисунок 1.20, а), а свыше 2500 мм – с микрометрической головкой, оснащенной индикатором часового типа (рисунок 1.20, б) класса точности 0, по ГОСТу 577.

Микрометрический нутромер состоит (рисунок 1.20, а) из микрометрической головки 3, удлинителей 2 и измерительного наконечника 1.



а - с микрометрической головкой; б – с индикаторной головкой

Рисунок 1.20 - Нутромеры

В последнее время начали выпускать различные по конструкции и принципу действия микрометрические нутромеры как с отчетным устройством по шкалам стебля и барабана, так и цифровым отчетным устройством (рисунок 1.21).



Рисунок 1.21 - Микрометрические нутромеры различной конструкции

Измерение микрометрическим нутромером.

При измерении цилиндрического отверстия линия измерения должна быть наибольшим размером в плоскости, перпендикулярной оси отверстия, и наименьшим размером в плоскости, проходящей через ось.

При измерении расстояния между параллельными плоскостями, правильное положение измерительных поверхностей (отсутствие перекоса) обеспечивает наименьшие (точные) показания.

Правильное положение микрометрического нутромера находят его покачиванием при легком контактировании измерительных поверхностей с деталью (рисунок 1.22).



Рисунок 1.22 - Измерение микрометрическим нутромером

Метрологическая характеристика микрометрических инструментов приведена в приложении 2.

2. СРЕДСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ

2.1 Методы измерения угловых размеров

К наиболее распространенным в практике методам измерения угловых размеров деталей относятся:

- *метод сравнения* с жесткими контрольными инструментами - угловыми мерами, угольниками, конусными калибрами и шаблонами;
- *абсолютный гониометрический метод*, основанный на использовании приборов с угломерной шкалой;
- *косвенный тригонометрический метод*, который заключается в определении линейных размеров, связанных с измеряемым углом тригонометрической функцией.

2.2 Контрольные инструменты для измерения угловых размеров методом сравнения

Призматические меры плоского угла по ГОСТу 2875 предусматривают для использования в качестве:

- рабочих мер для регулирования и настройки угломерных приборов и непосредственного измерения углов промышленных изделий;
- образцовых мер для передачи размера единицы плоского угла от первичного эталона рабочим средствам измерения углов.

Призматические меры плоского угла являются наиболее точным средством измерения углов в машиностроении. Они изготавливаются наборами или отдельными мерами следующих типов (рисунок 2.1):

- 1 - с одним рабочим углом со срезанной вершинной;
- 2 - с одним рабочим углом с острой вершиной;
- 3 - с четырьмя рабочими углами;
- 4 - правильная многогранная (n - гранная) призма.

Меры при использовании в качестве образцовых должны пройти метрологическую аттестацию.

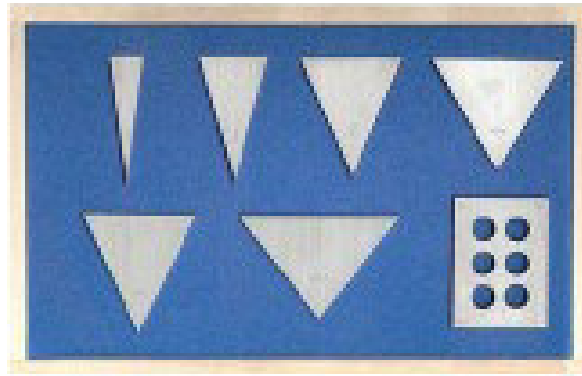


Рисунок 2.1 - Призматические меры плоского угла

Угольники поверочные 90° (ГОСТ 3749) предназначены для проверки и разметки прямых углов деталей, для контроля изделий при сборке или монтаже и т. п. Угольники выпускают следующих типов:

УЛ – лекальные (рисунок 2.2, а);

УЛП - лекальные плоские (рисунок 2.2, б);

УЛЦ - лекальные цилиндрические (рисунок 2.2, в);

УП - слесарные плоские (рисунок 2.3, а);

УШ - слесарные с широким основанием (рисунок 2.3, б).

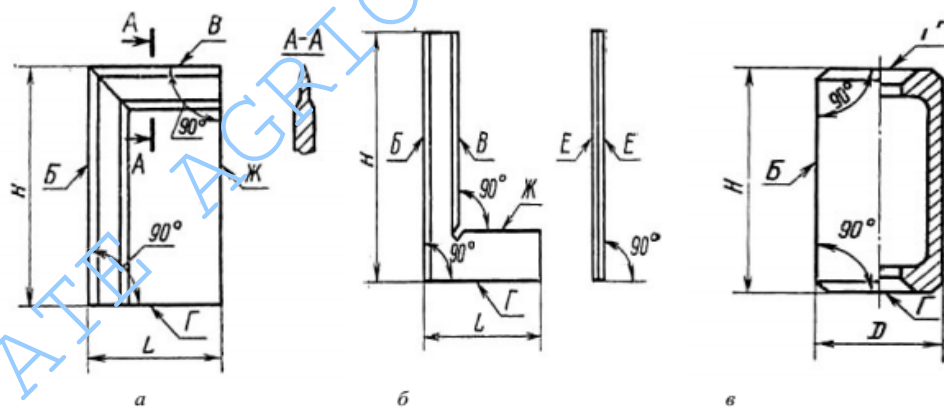


Рисунок 2.2 - Угольники лекальные

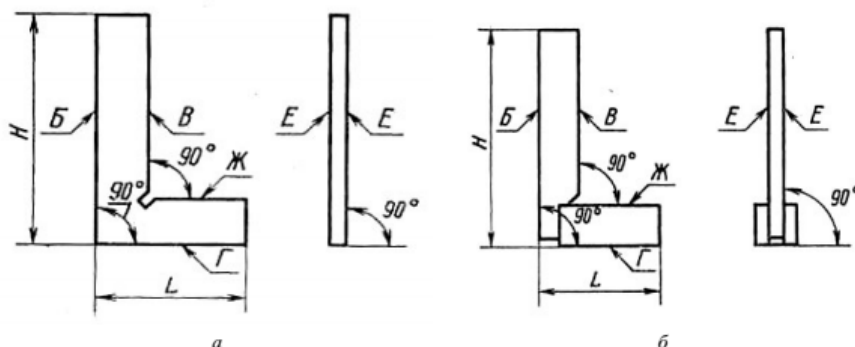


Рисунок 2.3 - Угольники слесарные

Калибры для измерения конусов инструментов представляют собой нормальные калибры-пробки и калибры втулки (рисунок 2.4). При контроле базорасстояния (расстояния от базы конуса до его основного расчетного сечения) торец годного внутреннего конуса должен находиться между рисками, нанесенными на поверхности калибра-пробки, а торец годного наружного конуса - между контрольными плоскостями уступа калибравтулки.



Рисунок 2.4 - Калибры

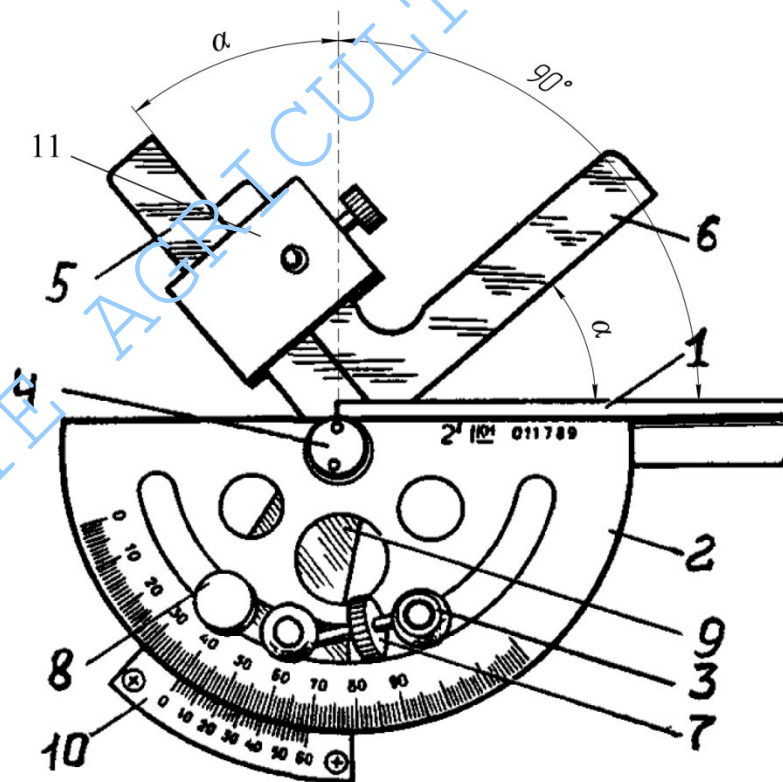
При комплексном контроле конусности калибры припасовывают к конусам по краске. Краску наносят на предварительно очищенную поверхность слоем от 2 до 10 мкм. Калибр сопрягают с конусом и поворачивают не более чем на 1/4 оборота при нажатии вдоль оси. У годных конусов пятно контакта без круговых разрывов располагается со стороны большего диаметра и составляет не менее 90 % площади.

2.3 Средства для измерения угловых размеров абсолютным методом

Угломер механический УМ (конструкции Кушникова) предназначен для измерений только наружных углов в пределах от 0 до 180°. Цена деления основной шкалы 1°, а отсчет по нониусу 2 и 5.

Основанием угломера является полудиск 2 (рисунок 2.5), на котором нанесена основная шкала на дуге в 120° . С диском жестко скреплена линейка 1. Подвижная линейка 5 вращается вместе с нониусным сектором 10 вокруг оси 4. Нониусный сектор 10 связан с микровинтом 7. Для точной установки необходимо застопорить винт 3 и, вращая микровинт 7, добиться требуемого положения нониусной шкалы, зафиксировав его стопорным винтом 8. На подвижной линейке 5 можно закреплять хомутиком 11 угольник 6. Углы от 0° до 90° измеряют с установленным угольником. На рисунке этой позиции соответствует положение при измерении угла α . При измерении углов больше 90° угольник снимают. В последнем случае к показаниям угломера нужно прибавить 90° . На рисунке эта позиция показана углом $90^\circ + \alpha$.

Правила отсчет по угловому нониусу аналогичны правилам отсчета по нониусу штангенинструментов, только измеряемое значение выражается в угловых единицах.



- 1 – линейка; 2 – полудиск; 3 – стопор; 4 – ось; 5 – подвижная линейка;
 6 – угольник; 7 – микровинт; 8 – стопорный винт; 9 – нониусный сектор;
 10 – нониусная шкала; 11 – хомутик

Рисунок 2.5 - Угломер механический УМ

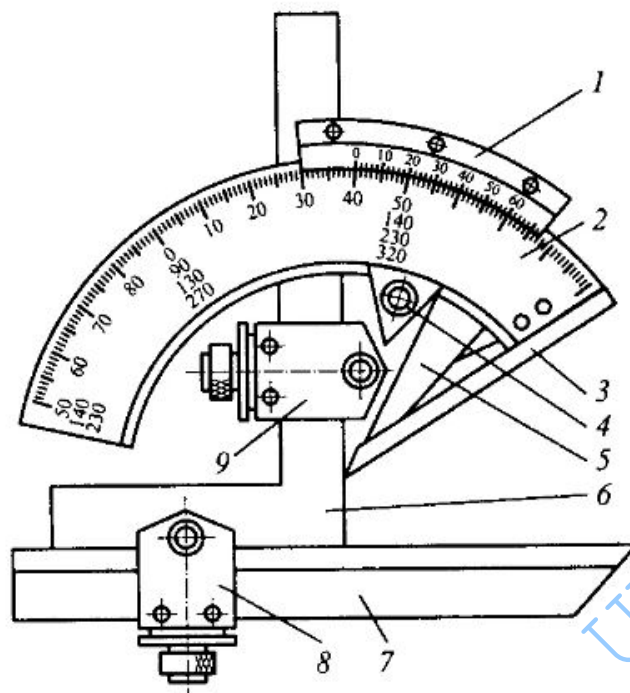
Измерения угломером проводят в следующем порядке.

1. Вводят измеряемый угол изделия между линейкой 1 и угольником 6 при измерении углов меньше 90° или между линейками 1 и 5 при измерении углов больше 90° . Одну сторону измеряемого угла изделия прижимают к измерительной поверхности линейки 1, а к другой подводят либо угольник 6, либо линейку 5. Между линейками прибора и сторонами детали, образующими угол, не должно быть просвета. Точную установку выполняют микровинтом 7 при застопоренном винте 3.

2. Стопорят нониусный сектор винтом 8 и проводят отсчет. Если измерение ведут без угольника, то к результату отсчета по шкале и нониусу прибавляют 90° .

Угломер нониусный УН-127 (конструкции Семенова) предназначен для измерений наружных и внутренних углов. Устанавливая детали в различных комбинациях, измеряют углы в диапазоне от 0° до 320° , причем наружные углы измеряют от 0 до 180° , а внутренние - от 40° до 180° . Цена деления основной шкалы 1° , а отсчет по нониусу 2° .

Угломер состоит из сектора 2 (рисунок 2.6), на котором нанесена основная градусная шкала, и сектора 5, соединенного с нониусной шкалой 1. На основном секторе 2 одна шкала располагается вправо от нуля, а другая влево. В зависимости от измеряемого угла отсчет ведут или по одной или по другой шкале. С основным сектором жестко связана линейка 3. Основной сектор легко перемещается вдоль нониусной шкалы и стопорится прижимом 4. К пластине нониусного сектора 5 хомутиком 9 присоединяется угольник 6. В свою очередь, к угольнику 6 хомутиком 8 крепится линейка 7. Для удобства установки угломера в тесных местах один конец линейки 7 скошен. Рабочую грань сектора устанавливают точно относительно рабочей грани линейки основания микрометрической подачи путем вращения гайки с накаткой, которая расположена на обратной стороне нониусного сектора.



- 1 – нониусная линейка; 2 – сектор; 3 – линейка; 4 – прижим (стопор);
 5 – нониусный сектор; 6 – угольник; 7 – съемная линейка;
 8 – хомутик (державка линейки); 9 – хомутик (державка угольника)

Рисунок 2.6 - Угломер нониусный УН-127

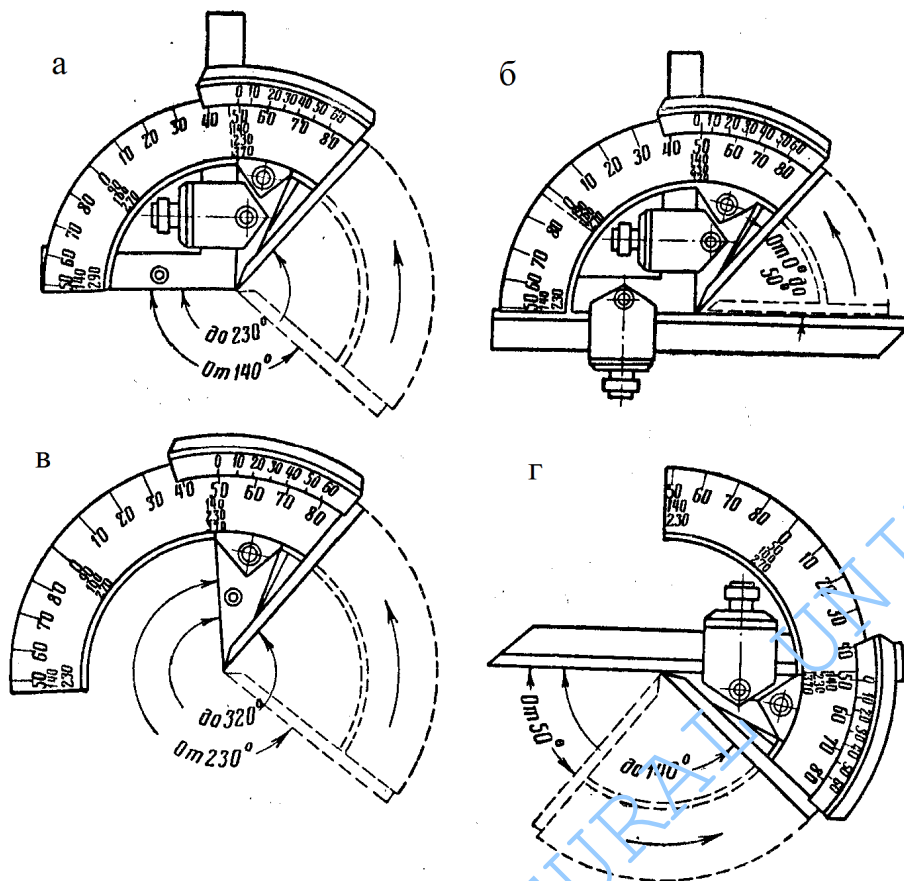
Измерение наружных углов (рисунок 2.7).

Угломер УН-127 ставят в следующем порядке:

- ***при измерении углов от 0° до 50°*** угломер используют в полном сборе. В такой комбинации одной гранью угла будет грань линейки 3, а другой – грань линейки 7. Отсчет ведут по правой шкале;

- ***при измерении наружных углов от 50° до 140°*** линейку 7 (рисунок 2.6) вводят в хомутик 9, удалив угольник 6. Раствор между измерительными гранями увеличивается на 90° . Если при измерениях не требуется высокая точность, то достаточно выдвинуть угольник 6 и если нужно, удалить линейку 7 вместе с хомутиком 8. При измерениях углов от 50° до 90° используют левую шкалу, а при измерениях углов от 90° до 140° - правую;

- ***при измерениях наружных углов от 140° до 180°*** отсоединяют от угольника 6 линейку 7 вместе с хомутиком 8. Раствор между измерительными гранями линеек увеличивается еще на 90° . Отсчет ведут по левой шкале.



- а – углов от 0 до 50°;
- б - углов от 50 до 140°;
- в - углов от 140 до 230°;
- г - углов от 230 до 320°.

Рисунок 2.7 – Измерение углов различной величины угломером УН-127

Измерение внутренних углов.

Угломер УН-127 готовят в следующем порядке:

- **при измерениях внутренних углов от 180° до 130°** используют ту же компоновку деталей угольника, что и при измерениях наружных углов от 140° до 180°. Но в этом случае отсчет ведут по правой шкале;

- **при измерениях внутренних углов от 130° до 40°** снимают с угломера угольник 6, линейку 7 и соединяющие их хомутики 9 и 8. В этом случае измерительными гранями будут грань линейки 3 и грань пластинки нониусного сектора 5. Внешний угол заключенный между ними, увеличивается на 90° и будет изменяться от 230° до 320°, что соответствует измеряемым внутренним углам 130°...140°.

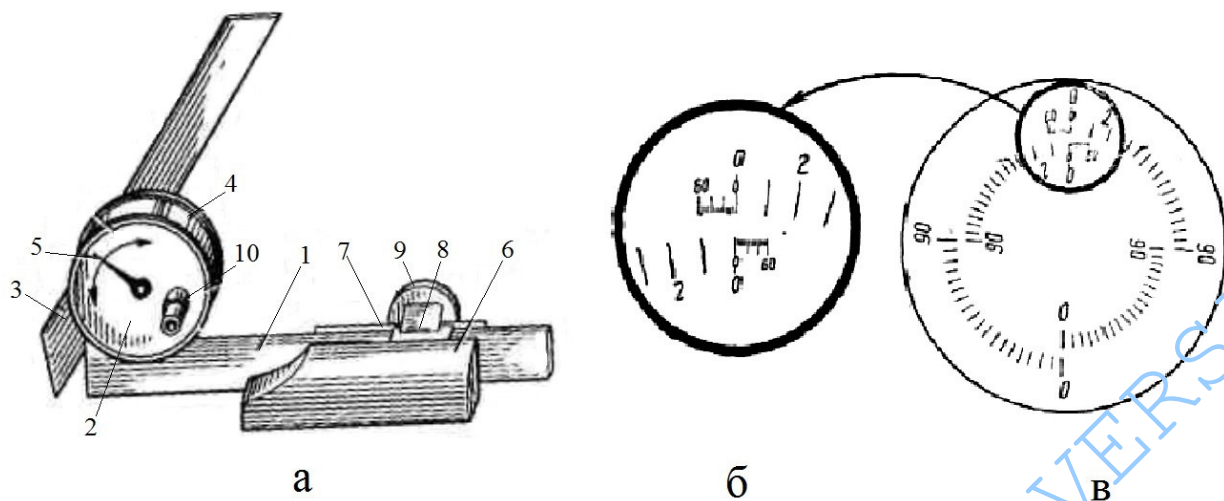
Угломер оптический УО-2 (ГОСТ 11197-73) предназначен для измерения углов от 0 до 180° между двумя плоскостями или между плоскостью и образующей поверхностью цилиндра или конуса. Угломер может быть использован в различных отраслях машиностроения и приборостроения.

В таблице 2.1 приведены технические характеристики оптического угломера УО-2.

Таблица 2.1 - Технические характеристики оптического угломера УО-2

| № п/п | Показатели | Значение |
|-------|---|-------------------|
| 1 | Пределы измерения углов, градус | 0-180 |
| 2 | Цена деления лимба, градус | 1 |
| 3 | Цена деления нониуса, мин | 5 |
| 4 | Инструментальная погрешность, мин: - прибора - прибора с подставкой | +/- 2.5; +/- 5 |
| 5 | Точность изготовления углов 45 и 60° на сменных линейках, мин. | +/- 5 |
| 6 | Длина сменных линеек, мм: - малая линейка - большая линейка | 150 300 |
| 7 | Увеличение лупы, крат | 40 |
| 8 | Габариты прибора, мм | 160x300x50 |

Оптический угломер (рисунок 2.8, а) состоит из корпуса 2 с отчетным устройством и двух линеек - неподвижной 1 и сменной 3, предназначенных для фиксации измеряемого угла. Сменных линеек к угломеру прилагается две: одна из них имеет длину 150 мм, другая - 300 мм. Кроме того, к угломеру прилагается подставка 6, основание которой оформлено в виде призмы. Эта подставка обеспечивает удобство при измерении углов, одной из сторон которых является образующая цилиндрической поверхности.



а – общий вид; б – видимая шкала в поле зрения; в – градусная и минутная шкалы;
 1 – сдвоенная линейка; 2 – корпус; 3 – сменная линейка; 4 – зажимное кольцо;
 5 – зажимной рычаг; 6 – подставка; 7 – вкладыш; 8 – прижим; 9 – гайка; 10 - лупа

Рисунок 2.8 – Оптический угломер УО-2

При измерении таких углов сдвоенная линейка угломера закрепляется в пазу подставки 6 посредством вкладыша 7, прижима 8 и гайки 9.

Неподвижная линейка 1 жестко соединена с корпусом угломера. Сменная линейка 3 вставляется в вырез, имеющийся в основании корпуса 2, может быть закреплена в любом положении по ее длине. Вместе с основанием эта линейка может поворачиваться на любой угол относительно сдвоенной линейки и закрепляется в нужном положении поворотом зажимного кольца 4. Закрепление сменной линейки по длине осуществляется поворотом зажимного рычага 5.

Отсчетное устройство угломера состоит из стеклянного лимба и пластинки с индексом, наблюдаемых через лупу 10 с увеличением. Освещение шкалы лимба и индекса производится через окно в зажимном диске корпуса. Шкала лимба состоит из четырех секторов по 90° , разделенных на градусы, с нанесенными цифрами через каждые 5° . Каждый градус шкалы в свою очередь разделен на 6 частей. Таким образом, величина наименьшего интервала шкалы составляет 10 угловых минут.

Настройка оптического угломера и чтение размера

1. Освободить сменную линейку при помощи рычага 5.
2. Приложить грань неподвижной линейки 1 к грани измеряемого угла.
3. Подвести грань сменной линейки 3 ко второй грани измеряемого угла.
4. Оценить степень прилегания линеек по просвету. Если одна из сторон измеряемого угла представляет собой цилиндрическую или коническую поверхность, пользуются подставкой 6, приложенной к инструменту.
5. Застопорить рычагом 5 сменную линейку 3.
6. Произвести отсчёт по шкалам в градусах и минутах. Для этого, приложив глаз к отверстию лупы 10, направить ее окно в сторону источника света.

Отсчет берется по ближайшему штриху деления лимба или по половине расстояния между двумя штрихами, т.е. округляется до 5'. В этом положении ошибка отсчета не будет превышать 2,5'. Суммарная погрешность измерения, определяющая точность прибора, складывается из трех основных: ошибки отчета с учетом параллакса, ошибки в нанесении шкалы лимба и ошибки от эксцентриситета шкалы, оптического угломера составляет $\pm 5'$. Необходимо помнить, что когда измеряемые углы меньше 90° , индекс по шкале угломера непосредственно показывает величину измеряемого угла. Если измеряемые углы больше 90° , индекс показывает величину дополнительного угла (α_1). Величина измеряемого тупого угла (α_2) в этом случае определяется из выражения: $\alpha_2 = 180^\circ - \alpha_1$.

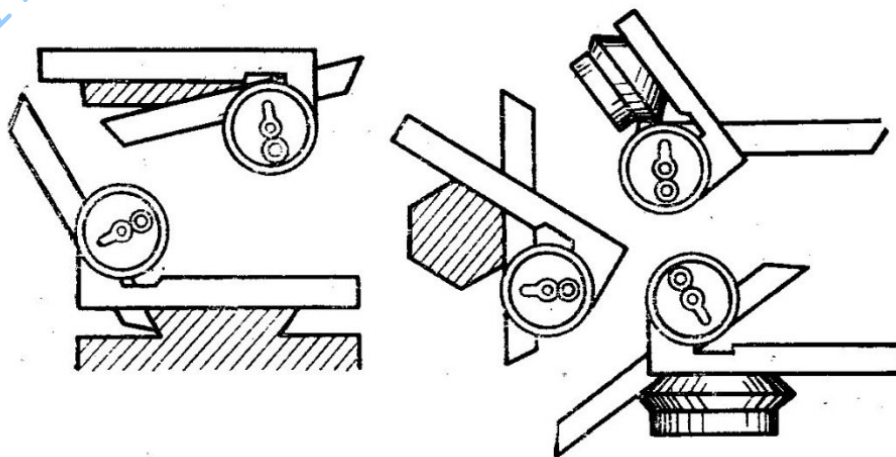


Рисунок 2.9 - Примеры использования оптического угломера

2.4 Средства измерения углов косвенным тригонометрическим методом

Косвенные методы измерений являются наиболее точными и широко применяемыми, при которых измеряются не углы деталей, а линейные размеры, геометрически связанные с ними. После определения этих размеров рассчитывается значение углов.

Косвенные измерения углов конусов можно выполнять универсальными средствами измерений с помощью калиброванных роликов или шариков.

Для измерения конусов используют тангенсную или синусную схемы в зависимости от того, какие стороны треугольника, образующего угол, будут измерены.

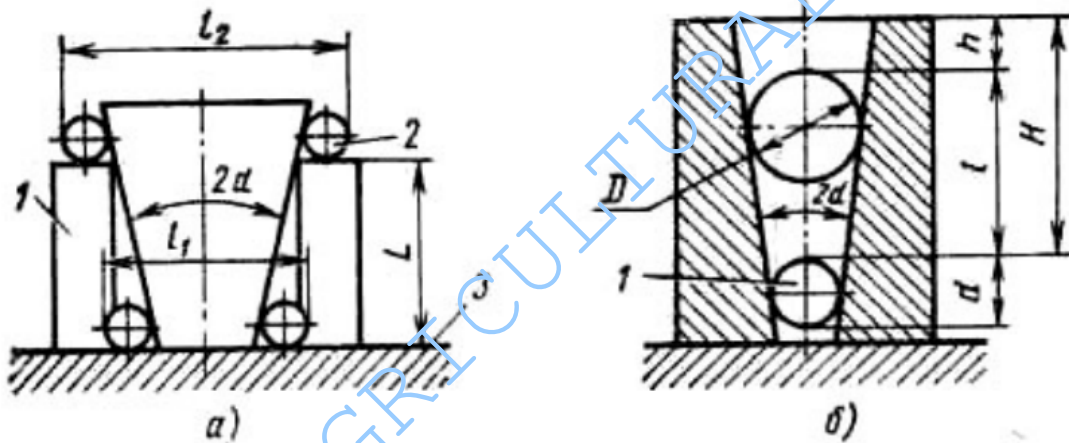


Рисунок 2.10 - Тангенсная (а) и синусная (б) схемы измерения углов

При тангенсной схеме измерения наружного конуса (рисунок 2.10, а) деталь устанавливают на плите 3 и микрометром измеряют расстояния l_1 и l_2 между наружными диаметрами роликов 2, помещенных на плите и на концевых мерах длины размером L . Угол конуса определяют по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(l_2 - l_1)}{2L}.$$

При синусной схеме измерения внутреннего конуса (рисунок 2.10, б) в отверстие вводят шарики 1 диаметрами d и D и с помощью глубиномера или длиномера находят расстояния L и H от наружной грани конуса до шариков.

Угол конуса находят из выражения:

$$\sin \alpha = \frac{D - d}{2l - D - d}$$

Для измерения углов косвенным тригонометрическим методом используют синусную линейку. Она применяется для измерения углов шаблонов, конических калибров и точных деталей.

Синусные линейки, предназначенные для измерения углов от 0 до 45°, выпускают трех типов: I - без опорной плиты с одним наклоном; II - с опорной плитой с одним наклоном; III - с опорной плитой с двумя наклонами.

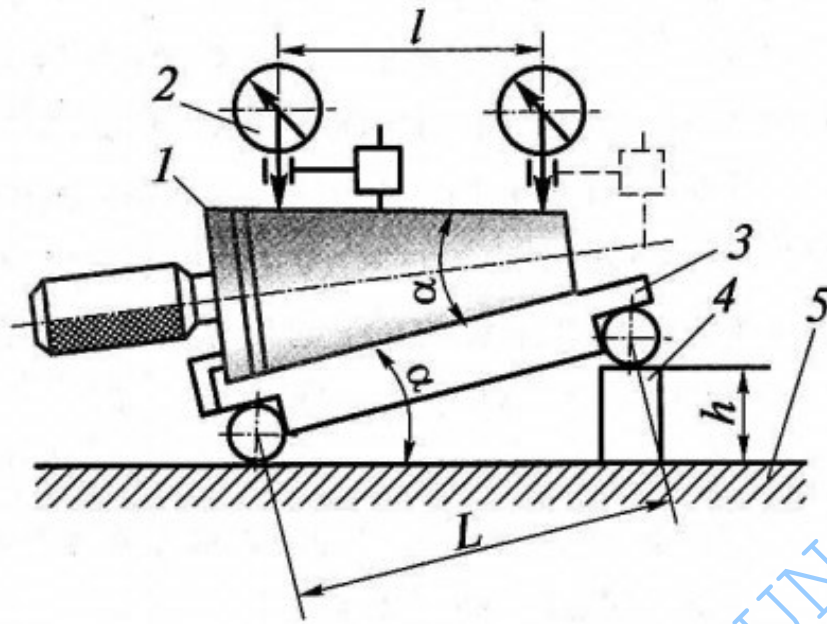
Синусная линейка типа I (рисунок 2.11) представляет собой массивную стальную прямоугольную плиту с двумя призматическими вырезами в боковых гранях. В вырезах крепятся два ролика, диаметром по 20 мм. Расстояние между осями роликов $L = 100$ мм. Предметный столик линейки доводится строго параллельно плоскости, проходящей через оси роликов.

Измерение производится следующим образом.

На поверочную плиту 5 устанавливают синусную линейку 3. Проверяемую деталь 1 укладывают на предметный столик синусной линейки и удерживают на ней упором. Под один из роликов подкладывают блок концевых мер 4. Высоту блока h устанавливают таким образом, чтобы верхняя грань измеряемой детали (или образующая конуса) стала параллельна поверочной плите 5. При этом угол α наклона линейки будет равен измеряемому углу детали.

Параллельность измеряется с помощью индикатора 2, закрепленного в стойке. Параллельность будет зафиксирована, когда показание прибора, получаемое при перемещении наконечника индикатора по поверхности измеряемой детали, будет одинаковым на любом участке детали. Натяг, установленный на индикаторе, должен быть 2...3 мм. Убедившись в достижении параллельности, определяют угол по формуле:

$$\sin \alpha = \frac{h}{L}$$



1 – проверяемая деталь; 2 – индикатор; 3 – синусная линейка;
4 – концевая мера длины; 5 – поверочная плита

Рисунок 2.11 – Измерение конуса на синусной линейки

Допускаемые погрешности измерения у синусных линеек типа 1 класса точности 1 (2) не превышают $\pm 6''$ ($10''$). Погрешность измерения Δ_L зависит от величины измеряемого угла α , погрешности блока концевых мер Δ_M , погрешности расстояния Δ_L между осями роликов.

Принцип синусной линейки используется, например, в конструкциях различных приборов для передачи движений под углом к основному движению, в приспособлениях к металлорежущим станкам при обработке деталей с наклонными поверхностями.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа является обязательной составляющей дисциплины «Методы и средства измерений, испытания и контроля». Целью самостоятельной работы студентов является закрепление и углубление знаний по дисциплине.

Студенту рекомендуется выполнять самостоятельную работу в следующем порядке.

1. На предшествующей лекции или практическом занятии преподаватель сообщает студентам тему очередного практического занятия.

2. По заданной теме студенту необходимо проработать лекционный материал и самостоятельно ответить на следующие вопросы:

- в какой раздела дисциплины входит тема практического занятия;
- какие основные вопросы рассмотрены на лекции по заданной теме;
- какие определения и понятия введены на лекции по заданной теме;
- заучить наизусть понятия и определения по теме;
- сформулировать и зафиксировать все вопросы, возникающие в процессе самостоятельной работы с целью их обсуждения на практическом занятии.

Виды и формы самостоятельной работы студентов:

- Систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы.
- Выполнение работы по темам для самостоятельного изучения согласно заданию преподавателя.
- Представление преподавателю отчета по самостоятельной работе в виде реферата или доклада.
- Оформление отчетов практическим работам, и подготовка к их защите.
- Подготовка к зачёту.

Выбор темы для самостоятельного изучения осуществляется согласно порядковому номеру фамилии студента в списке журнала группы.

Темы для самостоятельного изучения

1. Измерение – как процесс получения информации об исследуемом объекте.

2. Основы теории измерений. Основной постулат. Уравнения и шкалы измерений.

3. Международная система единиц измерений физических величин (СИ). Внесистемные физические величины и единицы.

4. Субъекты метрологии: уровни, функции.

5. Методы измерений: виды, назначение, характеристики.

6. Средства измерений. Классификация по техническим устройствам.

7. Средства измерения и обнаружения. Классификация.

8. Группы метрологических характеристик средств измерений.

9. Нормируемые метрологические характеристики: определения, виды, характеристики.

10. Классы точности средств измерений.

11. Основные элементы отсчетных устройств средств измерений.

12. Характеристики объектов измерений.

13. Условия измерений: нормальные и рабочие.

14. Средства поверки и калибровки: определение, эталоны, меры и приборы. Классификация.

15. Поверка и поверочные схемы. Порядок и результаты поверки.

16. Погрешности. Классификация. Причины возникновения, способы обнаружения, пути устранения.

17. Погрешности, обуславливающие инструментальную погрешность средств измерений.

18. Обеспечение единства измерений. Структура государственной поверочной схемы средств измерений

19. Государственный метрологический контроль и надзор.

20. Правовые основы обеспечения единства измерений.

Вышеприведённый перечень не является обязательным или единственно возможным и может быть дополнен по согласованию с преподавателем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы и средства измерений и контроля: Учебное пособие / В.С. Секацкий, Н.В. Мерзликина. - Красноярск: ИПЦ СФУ, 2007. 284 с.

2. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: учебное пособие. В 5 ч. / А.Г. Дивин, С.В. Пономарев. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – Ч. 1. – 104 с.

3. Методы и средства измерения линейных и угловых размеров. Лабораторный практикум по дисциплине «Методы и средства измерений, испытаний и контроля» / Составители Г.Р. Муртазин, Х.С. Фасхутдинов – Казань: КГАУ, 2009. – 30 с.

4. Метрология, стандартизация, сертификация. Технические измерения и приборы: методические указания к выполнению лабораторной работы «Средства и методы измерения углов и наклона поверхностей». – Вологда: ВоГТУ, 2011. - 23 с.

5. Никитин В.А., Бойко С.В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: Учебное пособие - 2-е изд. перераб. и доп.- Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. - 462 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 – Технические характеристики штангенинструментов

| Тип | Диапазон измерений, мм | Цена деления (нониус), мм | Погрешность, ± мкм |
|---|---|---------------------------------|-----------------------|
| <i>Штангенциркули по ГОСТ 166-89</i> | | | |
| ШЦ-I | 0-125 | 0,1 | |
| ШЦ-II | 0-160; 0-200; 0-250 | 0,05 и 0,1 | 50 и 100 |
| ШЦ-III | 0-160; 0-200; 0-250 | 0,05 и 0,1 | 50 и 100 |
| ШЦ-III | 0-315; 0-400; 0-500; 250-630 250-800; 320-1000; 500-1250; 500-1600 | 0,1 | |
| ШЦ-III | 800-2000; 1500-3000; 2000-4000 | 0,1 | 200-400 |
| <i>Штангенрейсмасы по ГОСТ 164-90</i> | | | |
| ШР | 0-250; 40-400; 60-630 | 0,05 | |
| ШР | 100-1000; 600-1600; 1500-2500 | 0,1 | 100-200 |
| <i>Штангенглубиномеры по ГОСТ 162-90</i> | | | |
| ШГ | 0-160; 0-200; 0-250; 0-315; 0-400 | 0,05 | |

**Приложение 2 - Метрологическая характеристика
микрометрических инструментов**

| Название | Тип или модель | Цена деления, мм | Пределы измерения приборов, мм | Наработка до первого отказа циклы, не менее |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------------|--|
| Микрометры гладкие | МК-25 | 0,01 | 0...25 | 25000 с вероятностью 0,85 |
| | МК-50 | | 25...50 | |
| | МК-75 | | 50...75 | |
| | МК- 100 | | 75...100 | |
| | МК- 125 | | 100...120 | |
| | МК- 150 | | 125...150 | |
| | МК- 175 | | 150...175 | |
| | МК- 200 | | 175...200 | |
| Микрометры листовые | МЛ-5 | 0,01 | 0...5 | То же |
| | МЛ-10 | | 0...10 | |
| | МЛ-25 | | 0...25 | |
| Микрометры трубные | МТ | 0,01 | 0...25 | |
| Микрометры рычажные | МР- 02020 | 0,002 | 0...25 | 500000 с вероятностью 0,9 |
| | МР- 02020 | | 25...50 | |
| | МР- 02020 | | 50...75 | |
| | МР-02320 | | 75...100 | |
| | МР-125 | | 100...125 | |
| | МР-150 | | 125...150 | |
| | МР-200 | | 150...200 | 100000 с вероятностью 0,85 |
| | МР-250 | | 200...250 | |
| Микрометрические нутромеры | НМ-175 | 0,01 | 75...175 | 10000 с вероятностью 0,8 |
| | НМ-600 | | 75...600 | |
| | НМ- 1250 | | 150...1250 | |
| | НМ-2500 | | 600...2500 | |
| Микрометрические глубиномеры | ГМ-100 | 0,01 | 0...100 | 25000 вероятностью 0,85 |
| | ГМ-150 | | 0...100 | |

KAZAN STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY