

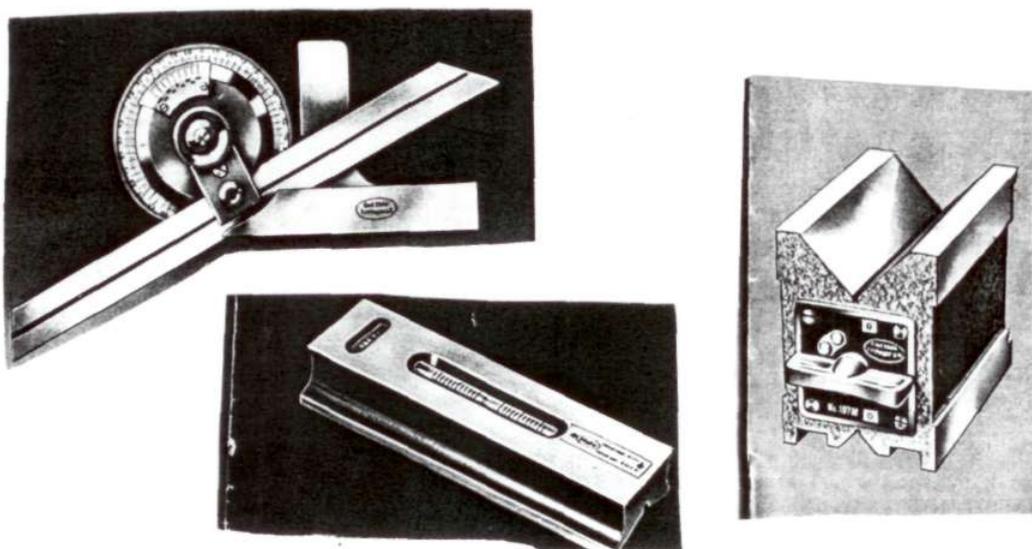
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра технологии машиностроения

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИБОРЫ

*Методические указания к выполнению лабораторной работы
«Средства и методы измерения углов и наклона поверхностей»*



Факультеты: производственного менеджмента и инновационных технологий,
экологии, заочного и дистанционного обучения

Специальности: 151001; 190601; 150405; 280402; 280302; 120303; 280103

Направления: 222000; 151000; 151900; 190600; 270800; 120700; 280700; 280100

Вологда
2011

УДК 389.6: 378.14

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.

Приведены устройства различных типов угломеров и оптических квадрантов, их основные технические характеристики и методы измерения угловых размеров деталей и наклона поверхностей. Представлены ряды и допуски нормальных углов и углов уклона.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГТУ

Составители: В.Н. Бриш, канд. техн. наук, доцент каф. технологии машиностроения ВоГТУ;
А.Н. Сигов, ст. преподаватель кафедры управления качеством и машиноведения СПб инженерно-экономического университета «ИНЖЭКОН».

Рецензент В.А. Глазков, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и оборудования автоматизированных производств ВоГТУ.

Данная лабораторная работа выполняется студентами, изучающими дисциплины: «Метрологическое обеспечение производства», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Технические измерения и приборы».

Цель работы: изучить существующие средства и методы измерения углов, измерить углы заданной детали и сделать заключение о годности детали в соответствии со стандартом.

Содержание работы: практическое ознакомление с угловыми призматическими мерами, нониусными (механическими) и оптическими угломерами, оптическими квадрантами, а также стандартами на угловые размеры.

Теоретическое введение к изучаемому вопросу

Единицы измерения углов

В практике используют несколько систем измерения углов [1]. Международная система единиц СИ (ГОСТ 8.417—81, СТ СЭВ 1052—78) предусматривает в числе дополнительных — угловые единицы — радиан и стерadian. Углом в один **радиан** называется плоский угол между двумя радиусами круга, вырезающий из окружности дугу, длина которой равна радиусу. Соответственно **стерадиан** — центральный телесный угол, который вырезает на поверхности сферы площадь, численно равную квадрату радиуса. Радианная система измерений удобна в расчетах, но ее применение при изготовлении и контроле изделий затруднено из-за отсутствия приборов, проградуированных в радианах.

Самой распространенной остается основанная на древней шестидесятиричной системе счисления градусная мера, единицы которой — градус ($^{\circ}$), минута ($'$) и секунда ($''$). **Градусом** называется плоский угол, равный $1/360$ части центрального угла, опирающегося на полную окружность. Градус равен 60 угловым минутам, минута, в свою очередь, — 60 угловым секундам. Соотношения между единицами угловой и радианной системы измерения приведены в справочной литературе. Кроме того, при измерении конусов углы измеряются величиной и конусностью, при измерении уклонов призматических элементов деталей углы измеряются в мкм/мм, мм/м. В технике иногда углы условно выражают в оборотах, а для удобства вычислений — через обратные тригонометрические функции ($\arcsin \alpha$ и др.) [2].

Угловые размеры и допуски углов

В конструкциях машин часто используются детали, имеющие поверхности, расположенные друг к другу под углом, отличающимся от прямого, например блок цилиндров V-образных двигателей, шкивы и вариаторы клиноременных передач и др. Различные углы с целью ограничения их разнообразия разделены на три группы:

1 – нормальные углы общего назначения;

2 – нормальные углы специального назначения (в стандартизированных специальных деталях);

3 – специальные углы.

1-я группа - углы, предназначенные для широкого применения в машиностроении. Стандартом регламентируются ряды и размеры нормальных углов общего назначения. Установлено три ряда. В первый ряд входят углы: 0; 5; 15; 30; 45; 60; 90; 120°. Второй ряд дополнен еще восемью углами, третий ряд — самый полный. При выборе углов рекомендуется выбирать их из первого ряда. Если конструкция не позволяет применить ни один из них, то желательно выбрать угол из второго ряда, и только в случае крайней необходимости — из третьего ряда. Нормальные углы применяются для независимых угловых размеров, которые являются исходными при расчете.

2-я группа — углы стандартизированных деталей специального назначения: конусы шпинделей и оправки фрезерных станков, конусы Морзе и т. д.

3-я группа — углы, размеры которых связаны расчетными зависимостями с уже установленными углами и линейными размерами. Они, как правило, не совпадают с нормальными углами и определяются технологическими или эксплуатационными требованиями.

Размеры углов первой группы установлены ГОСТ 8908-81, полностью соответствующему СТ СЭВ 178-75 и СТ СЭВ 513-77. Размеры уклонов нормальных конусностей и углов конусов установлены ГОСТ 8593-81.

Размеры углов второй группы (конусов и уклонов конусностей специального назначения) установлены ГОСТ 8593-81 (СТ СЭВ 512-77).

Допуски углов

AT - допуск угла (разность между наибольшими и наименьшими предельными углами) – произошло от английского выражения angle tolerance – допуск угла;

AT_{α} - допуск угла, выраженный в угловых единицах (рис. 1а);

AT'_{α} - округленное значение допуска угла в градусах, минутах, секундах;

AT_h - допуск угла, выраженный длиной отрезка на перпендикуляре к стороне угла, противолежащей углу AT_a на расстоянии L_1 от вершины этого угла; практически этот отрезок равен длине дуги радиуса L_1 (рис. 1 а, б);

AT_D - допуск угла конуса, выраженный допуском на разность диаметров в двух нормальных к оси сечениях конуса на заданном расстоянии L между ними, определяется по перпендикуляру к оси конуса (рис. 1в).

Допуски углов конусов с конусностью не более 1:3 следует назначать в зависимости от номинальной длины конуса L (см. рис. 1в).

Допуски углов конусов с конусностью более 1:3 следует назначать в зависимости от длины образующей конуса L_1 (см. рис. 1б).

Допуски углов призматических элементов деталей следует назначать в зависимости от номинальной длины L_1 меньшей стороны угла (см. рис. 1а).

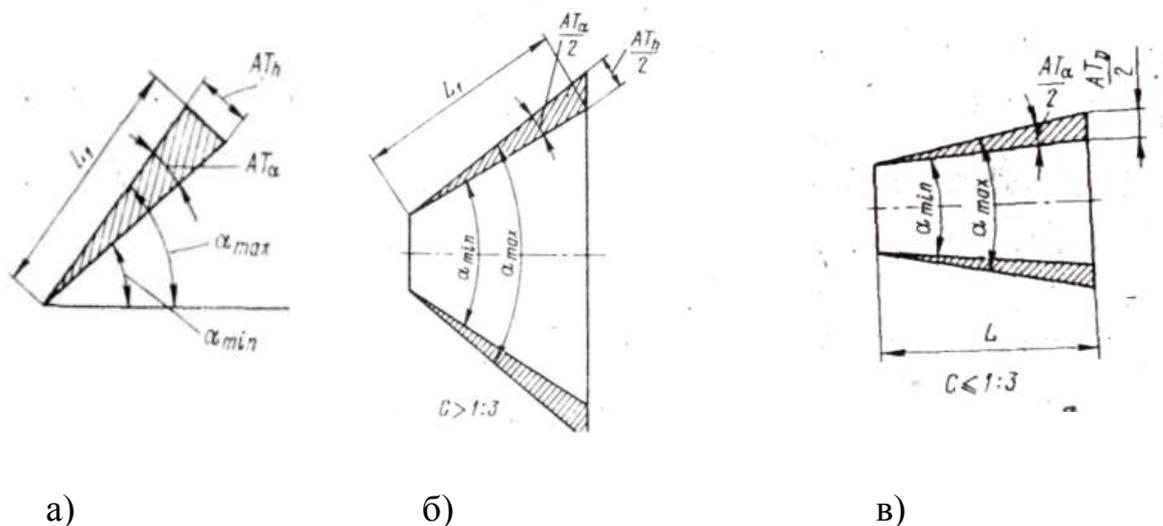


Рис. 1. Допуски угловых размеров и их обозначения

Допуски на угловые размеры указывают в виде симметричных предельных отклонений $\pm \frac{AT}{2}$. Но если имеются особые требования, вызванные конструкцией соединения, то допускается и несимметричное расположение с сохранением значения допуска по стандарту.

Независимо от расположения поля допуска предельные отклонения угловых размеров отсчитываются от номинального размера угла.

На угловые размеры установлено 17 степеней точности. Степень точности проставляют рядом с обозначением допуска, например AT_6 . Область применения каждой из 17 степеней определяется функциональными требованиями к точности угловых размеров [3]:

1, 2, 3, 4 степени точности используются для угловых мер;

5, 6, 7 — предназначаются для углов и конусов высокой точности, конусных калибров, инструментальных конусов;

10, 11, 12 — применяются в деталях нормальной точности (центры и центровые гнезда, направляющие планки, угловые пазы в поводках дисковых стопоров и т. д.);

13, 14, 15 — назначаются в деталях пониженной точности, для угловых размеров и конусов стопорящих деталей в виде фиксаторов, звездочек, стопорных втулок;

16, 17 — используются для угловых размеров, к точности которых не предъявляются высокие требования (свободные размеры).

Значение допуска устанавливается в зависимости от длины меньшей стороны, образующей угол. Объясняется это тем, что точность изготовления и измерения угловых размеров зависит главным образом от длины стороны угла и с уменьшением ее снижается. Поэтому при выборе допуска за основу берется длина меньшей стороны угла.

Допуск углового размера задается в угловых единицах, однако в случае необходимости его можно выразить и через линейные единицы

$$AT_h = AT_\alpha L_1 10^{-3},$$

где AT_h — допуск в линейных единицах, мкм; AT_α — допуск в угловых единицах, мкрад; L_1 — длина меньшей стороны угла, мм.

Средства и методы контроля углов и конусов

При измерении углов используются **угловые призматические меры (плитки)**. Они предназначаются для хранения и передачи единицы плоского угла, для поверки и градуирования угломерных приборов и угловых шаблонов и для непосредственного контроля углов детали. Меры представляют собой стальные призмы (рис. 2), измерительные поверхности которых образуют один или несколько определенных рабочих углов. Длина измерительных поверхностей плиток равна 70 мм, шероховатость рабочих поверхностей выполняется по высокому классу, что обеспечивает их притирку.

Наиболее распространенными являются наборы из 24, 33, 93 шт., содержащие угловые меры с одним или четырьмя рабочими углами. По точности изготовления меры делятся на 0, 1, 2 классы. Нулевой класс является самым высоким.

Из угловых призматических мер, также как из плоскопараллельных концевых мер, составляют блоки. Для соединения угловых мер в блоки промышленность выпускает набор принадлежностей, состоящий из четырех струбцин (державок), пяти клиньев, отвертки и лекальной линейки (рис. 3). Струбцина 3

служит для соединения двух угловых мер, струбцина 4 — для соединения трех мер, струбцина 5 с лекальной линейкой предназначена для получения внутренних углов свыше 90° . С помощью угловых мер могут быть проконтролированы углы в пределах от 10 до 350° .

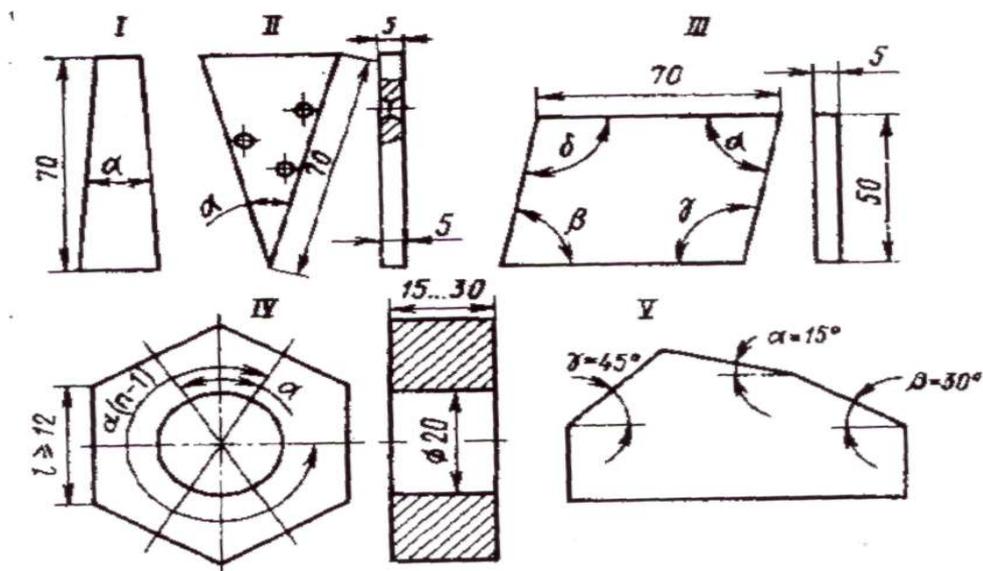


Рис. 2. Типы угловых призматических мер

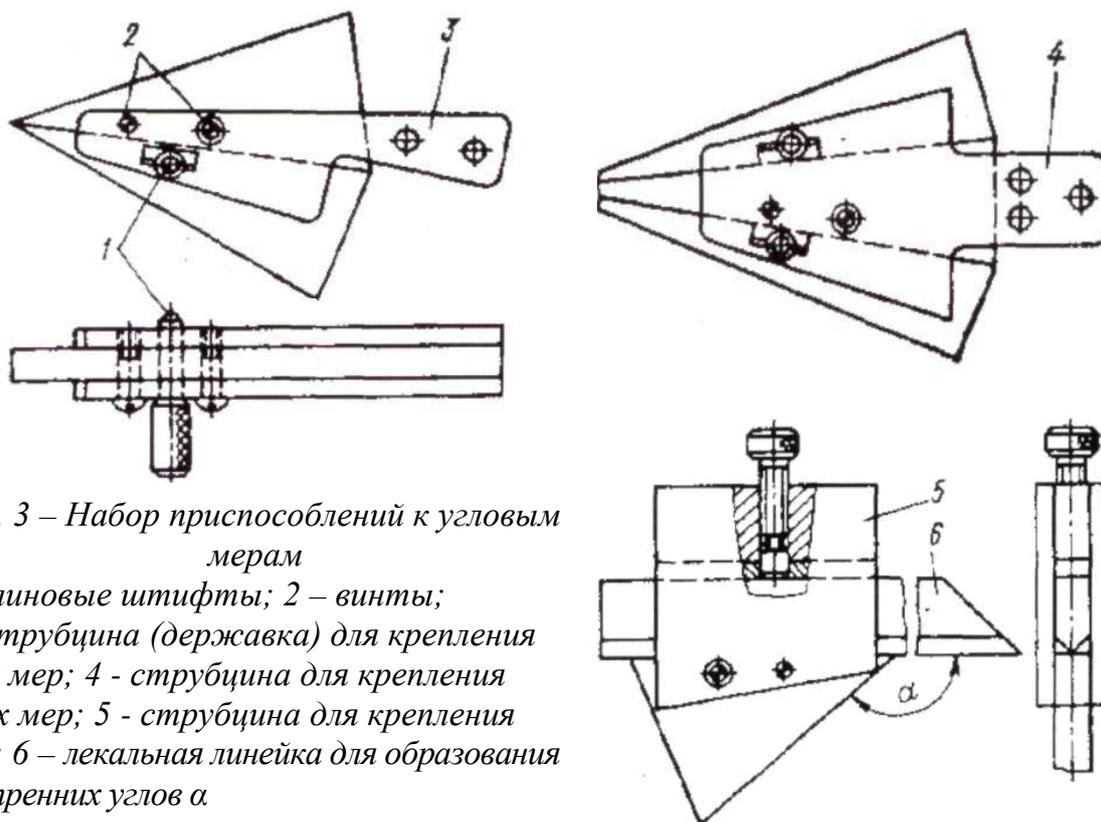


Рис. 3 – Набор приспособлений к угловым мерам

1 - клиновые штифты; 2 - винты;
3 - струбцина (державка) для крепления двух мер; 4 - струбцина для крепления трех мер; 5 - струбцина для крепления мер; 6 - лекальная линейка для образования внутренних углов α

Для проверки и разметки углов 45° , 60° , 90° , 120° применяются **угольники**.

Наибольшее распространение получили угольники в 90° . Промышленность выпускает пять типов таких угольников различных размеров (рис. 4) четырех классов точности (0, 1, 2 и 3). Класс точности угольника характеризует значение погрешности, т.е. отклонение конца длинной стороны угольника от перпендикуляра, опущенного на основание. Угольники 0-го класса применяют для лекальных работ, 1-го класса — для особо точных работ, 2-го класса — для обычных работ, 3-го класса — для монтажных работ.

При контроле и разметке углов угольниками деталь и угольник чаще всего располагают на плите, хотя можно проверять углы, непосредственно накладывая угольник на деталь или небольшую деталь на угольник. По просвету судят об отклонении от заданного значения угла. При значительном отклонении зазор между угольником и деталью можно определить щупом.

Широкое применение для контроля углов нашли угловые **шаблоны** (рис. 5). Пользуются ими так же, как угольниками.

Наиболее универсальными средствами измерения углов являются **угломеры**.

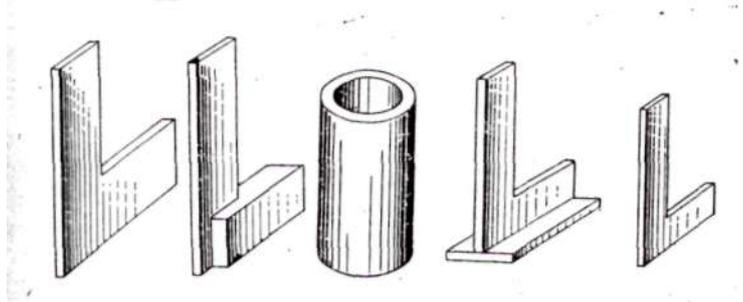


Рис. 4. Угольники

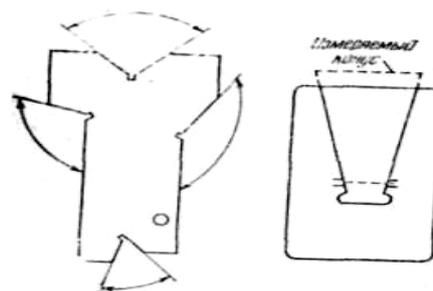


Рис. 5. Угловые шаблоны

Промышленность выпускает механические (нониусные) угломеры различных конструкций: угломеры Кушникова, угломеры Семёнова, угломеры типа УН, типа 2М, 5УМ.

По конструкции механические (нониусные) угломеры отличаются тем, что одни угломеры применяют для измерения наружных углов (УМ), другие являются более универсальными и предназначены для измерения наружных и внутренних углов (УН), угломер Кушникова также предназначен для измерения наружных углов от 0 до 180° , угломер Семёнова – для измерения наружных и внутренних углов от 0 до 320° . Цена деления основной шкалы у всех угломеров 1° , цена деления нолиусной шкалы от $2'$ до $5'$.

Механические шкальные угломеры имеют угловой нолиус. Правила отсчёта по угловому нолиусу аналогичны правилам отсчёта по нолиусу штан-

генциркуля и других штангенинструментов, только измеряемое значение выражается в угловых единицах.

Устройство и методика измерений угломерами Кушникова и УМ (наружные измерения)

Общий вид данных угломеров представлен на рис.6 и рис.7.

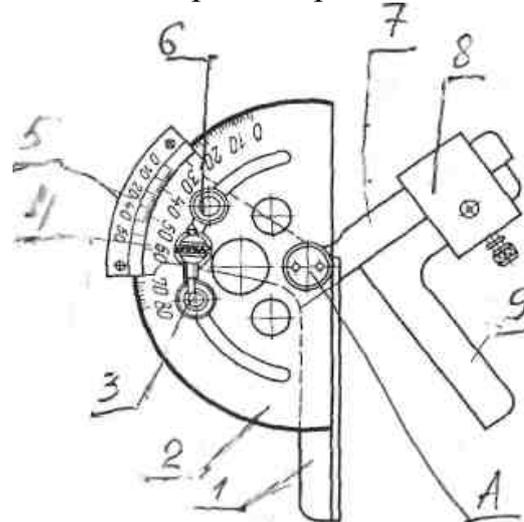
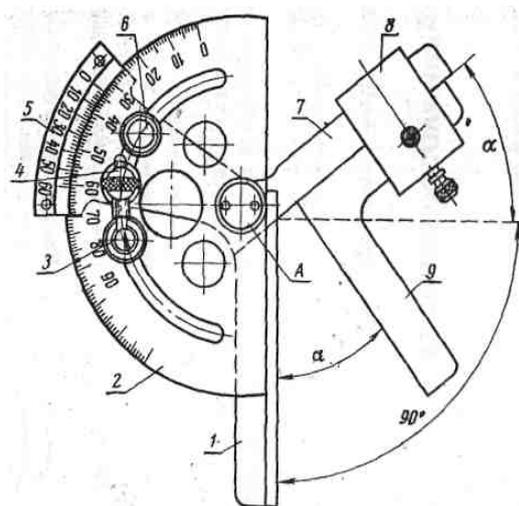


Рис.6. Угломер конструкции Кушникова

Рис. 7. Угломер типа УМ

- 1 — линейка; 2 — сектор-основание; 3—стопор микровинта;
4 — микровинт; 5 — нониусный сектор; 6 — стопорный винт;
7 — подвижная линейка; 8 — хомутик; 9 — угольник

Основанием угломера является полудиск 2, на котором нанесена основная шкала на дуге. С диском жестко скреплена линейка 1. Подвижная линейка 7 вращается вместе с нониусным сектором 5 вокруг оси А. Нониусный сектор 5 связан с микровинтом 4. Для точной установки необходимо застопорить винт 3 и, вращая микровинт 4, добиться требуемого положения нониусной шкалы. Установленную величину фиксируют стопорным винтом 6. На подвижной линейке 7 можно закреплять хомутиком 8 угольник 9.

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 отсчета по угловому нониусу аналогичны правилам отсчета по нониусу штангенинструментов.

Измерения угломером проводят в следующем порядке.

1. Вводят измеряемый угол изделия между линейками 1 и 9 при измерении углов меньше 90° или между линейками 1 и 7 при измерении углов больше 90° . Одну сторону измеряемого угла изделия прижимают к измерительной поверхности линейки 1, а к другой подводят либо линейку 9, либо линейку 7. Между линейками прибора и сторонами детали, образующими угол, не должно быть просвета. Точную установку выполняют микрометрическим винтом 4 при застопоренном винте 3.

2. Стопорят нониусным сектором винтом 6 и производят отсчёт. Если измерение ведут без угольника, то к величине отсчета по шкале и нониусу прибавляют 90° .

Устройство и методика измерений угломерами Семёнова и УН (наружные и внутренние измерения)

Общий вид данных угломеров представлен на рис.8 и рис.9.

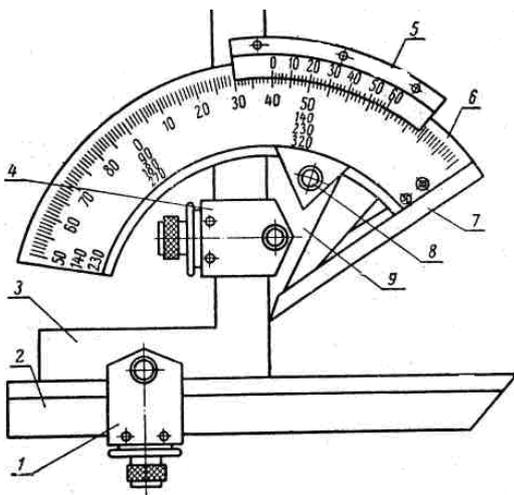


Рис. 8. Угломер конструкции Семёнова

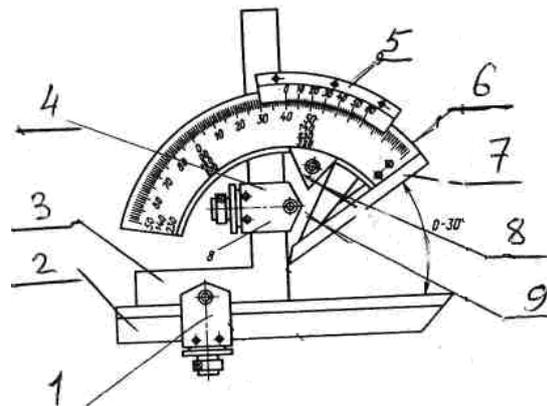


Рис. 9. Угломер типа УН

1 и 4 — хомуты крепления линейки и угольника; 2 — сменная линейка;

3 — угольник; 5 — нониусная шкала; 6 — сектор-основание;

7 — линейка; 8 — прижим; 9 — нониусный сектор

Угломеры предназначены для измерения не только *наружных*, но и *внутренних* углов. Путем различных комбинаций в установке деталей угломеры можно использовать в диапазоне от 0 до 320° , причем наружные углы измеряются в пределах от 0 до 180° , а внутренние—от 40 до 180° . Цена деления основной шкалы 1° , а величина отсчета по нониусу — $2'$. Угломер состоит из сектора 6, на котором нанесена основная градусная шкала, и сектора 9, соединенного с нониусной шкалой 5. С основным сектором жестко связана линейка 7.

Основной сектор 6 можно легко перемещать вдоль нониусной шкалы и стопорить прижимом 8. К пластине нониусного сектора 9 хомутиком 4 присоединяется угольник 3. В свою очередь, к угольнику 3 хомутиком крепится линейка 2. Для удобства установки угломера при измерении в тесных местах один конец линейки 2 скошен.

При измерении наружных углов от 0 до 180° угломеры используют в том виде, который показан на рис. 8 и рис. 9. Для измерения углов от 50 до 140°, от 140 до 180° переставляют или снимают хомуты и линейки в определённой последовательности. Поскольку при выполнении лабораторной работы студенты будут пользоваться угломерами УМ-2 и УМ-5, то порядок настройки в тексте не приводится. На рис.10 даны примеры применения угломера Семёнова и угломера УН.

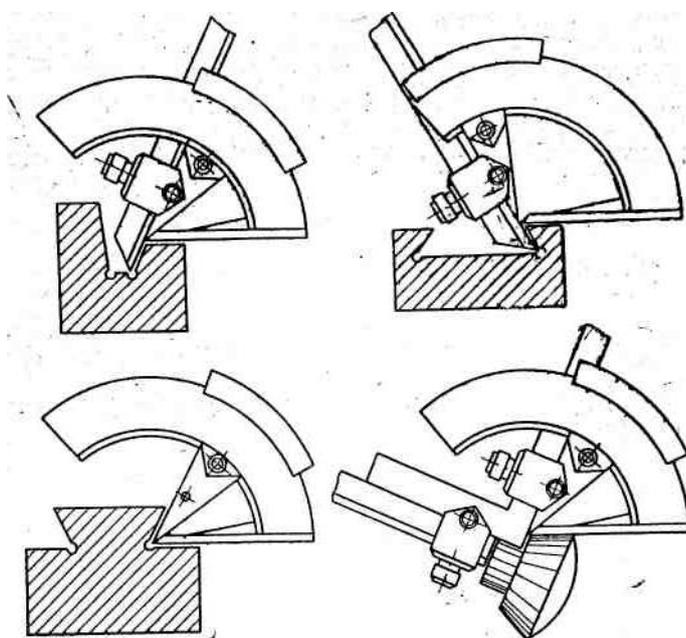


Рис. 10. Примеры применения угломера Семёнова

При необходимости подробно с настройкой данных угломеров можно ознакомиться в литературе [6,7] или в руководстве по эксплуатации, прилагаемой к прибору.

Оптические угломеры

Оптические кругломеры являются универсальными портативными приборами. Они выпускаются с ценой деления 5 и 10'.

На рис. 11 приведены примеры применения оптических угломеров для измерения различных углов и деталей.

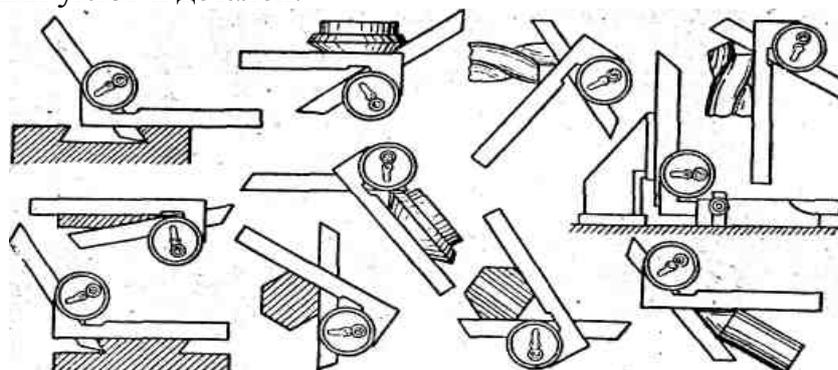


Рис. 11. Примеры применения

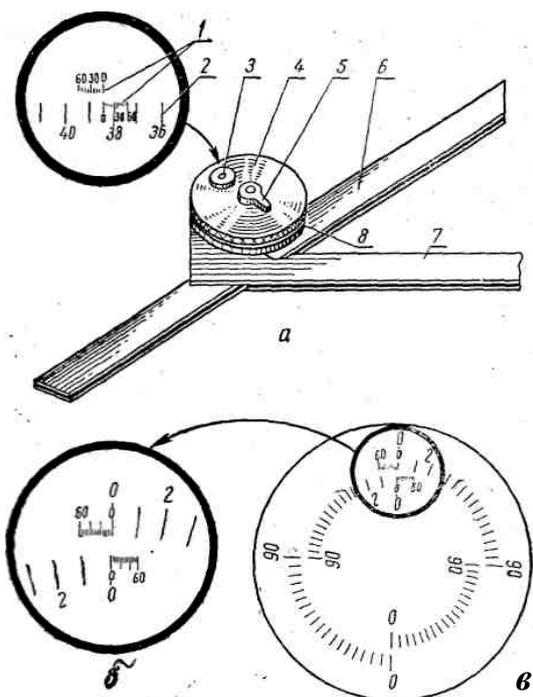


Рис. 12. Оптический угломер и его шкала:

а — оптический угломер;

б — видимая шкала в поле зрения;

в — градусная и минутная шкалы:

1 — минутная шкала; 2 — градусная шкала;

3 — лупа; 4 — корпус; 5 — зажимной рычаг;

6 — подвижная линейка;

7 — неподвижная линейка;

8 — кольцо с накаткой

основание которой оформлено в виде призмы, что обеспечивает удобное измерение углов, одной из сторон которых является образующая цилиндрической поверхности. При измерении таких углов сведенная линейка угломера закрепляется в пазу подставки с помощью вкладыша, прижима и гайки 8.

Оптический угломер типа УО предназначен для измерения контактным методом углов от 0 до 180°.

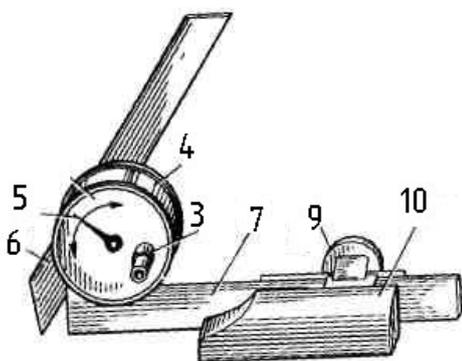


Рис. 13. Общий вид

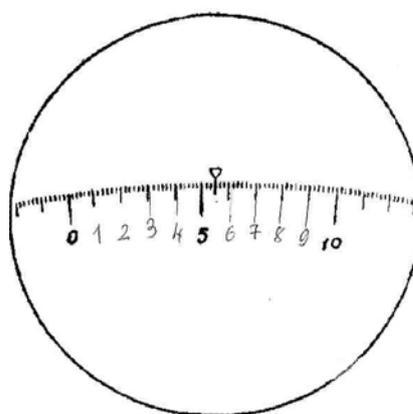


Рис. 14. Поле зрения угломера с отсчётом 5°30'

Оптический угломер (рис.12а) состоит из сменной подвижной линейки 6, неподвижной сменной линейки 7, жестко соединенной с корпусом 4. В корпусе помещен стеклянный диск со шкалой. Для чтения отсчета показаний в корпус вмонтирована лупа 3 с шестнадцатикратным увеличением. Подвижную линейку 6 можно перемещать вдоль паза и поворачивают вокруг своей оси. Линейку поворачивают при помощи кольца с накаткой 8.

Зажимной рычаг 5 служит для закрепления угломера в определенном положении. Градусная шкала состоит из четырех шкал от 0 до 90°, расположенных на диске с определённым смещением (рис 12в). К угломеру прилагаются две сменные подвижные линейки 150 и 300 мм и подставка 10, основа-

Настройка оптического угломера и чтение размера

1. Освободить подвижную линейку при помощи рычага 5.
2. Приложить грань неподвижной линейки 7 к грани измеряемого угла.
3. Подвести грань подвижной линейки 6 ко второй грани измеряемого угла.
4. Застопорить рычагом 5 подвижную линейку 6.
5. Произвести через лупу 3 отсчёт по шкалам в градусах и минутах.

Например: на рис.12а-отсчёт составляет $38^{\circ}25'$.

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 отсчета 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:

$$\alpha_2 = 180^{\circ} - \alpha_1.$$

Оптические квадранты

Оптические квадранты относят к группе оптико-механических приборов. Они предназначены для измерения углов наклона плоских и цилиндрических поверхностей и для установки их под заданным углом к горизонту, а также для угловых измерений в горизонтальной плоскости с помощью комплекта приспособлений.

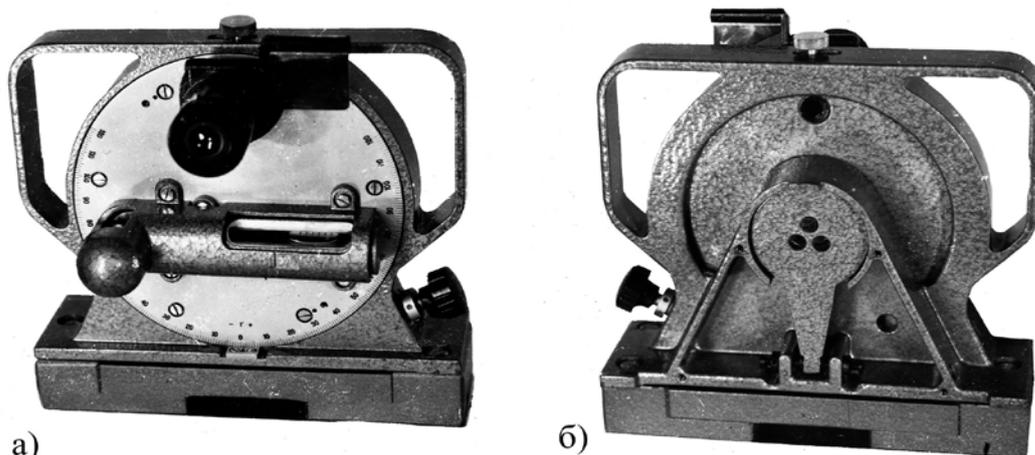
В данной лабораторной работе мы будем проводить измерения с помощью квадранта КО-1М (рис.15), поэтому устройство его изложено более подробно.

Технические характеристики квадрантов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики оптических квадрантов

Наименование	Модель КО-1М	Модель КО-10
Увеличение микроскопа	45^{\times}	48^{\times}
Цена деления сетки микроскопа	$1'$	-
Цена деления шкалы лимба	1°	$20'$
Предел измерения углов	$\pm 120^{\circ}$	$\pm 360^{\circ}$
Погрешность измерения углов	$\pm 30''$	$\pm 10''$
Цена деления продольного уровня	$30''$	$10'' \pm 1''$
Цена деления поперечного уровня	$4'$	$4' \pm \frac{1'}{30}$
Цена деления шкалы микрометра	-	$5''$



*Рис. 15. Общий вид оптического квадранта КО-1М:
 а) вид со стороны микроскопа
 б) вид с обратной стороны (со снятой крышкой)*

Устройство квадранта КО-1М

Квадрант состоит из основания, корпуса 2 (рис.16) с ручками 3, микроскопа 4 с зеркалом 5, лимбового устройства, уровней 7 и 8 и наводящего винта 9, который упирается в сектор 10, поджимаемый с другой стороны пружинным устройством 11.

Основание состоит из двух башмаков 1 и магнита 12.

Для предохранения от размагничивания башмаки 1 в нерабочем положении квадранта замыкаются пластиной 13. Для установки квадранта на цилиндрические поверхности башмаки имеют продольный паз. Магнит обеспечивает установку квадранта на наклонные и потолочные поверхности.

Микроскоп 4 состоит из объектива, окуляра и сетки.

На сетке нанесены две шкалы по 60 делений, расположенные одна над другой и оцифрованные в противоположные стороны через каждые 10' (рис. 17). Цена одного деления 1'. При наблюдении в микроскоп 60 делений шкалы точно укладываются между соседними делениями лимба. Для удобства и упрощения снятия отсчетов верхняя шкала сетки имеет знак «-», нижняя - знак «+».

Зеркало 5 (рис. 16) предназначено для удобства наблюдения за положением пузырька уровня 8. Оно может поворачиваться как вокруг микроскопа, так и вокруг своей оси.

Лимбовое устройство состоит из металлической крышки 6, стеклянного лимба и ряда промежуточных деталей.

Металлическая крышка 6 имеет шкалу с ценой деления 1°, оцифрованную через 10° в обе стороны от 0 до 120°.

Лимб служит для точного измерения углов с помощью микроскопа 4. На лимбе нанесены две шкалы от 0 до 120°. Деления одной шкалы нанесены по часовой стрелке, а деления другой — против часовой стрелки по окружностям разных радиусов. Каждая из шкал имеет свой нуль. Расстояние между нулевыми штрихами, как и между любыми смежными штрихами обеих шкал, равно 1°.

Лимб подсвечивается через светофильтр.

Кожух уровней (см. рис. 15) служит рукояткой для поворота крышки 6 (см. рис. 16) вместе с укрепленным на ней микроскопом 4 и уровнями 7 и 8 относительно корпуса 2 и лимба. Для точной установки крышки 6, а, следовательно, и связанных с ней устройств, служат кольцо и закрепительный винт 14.

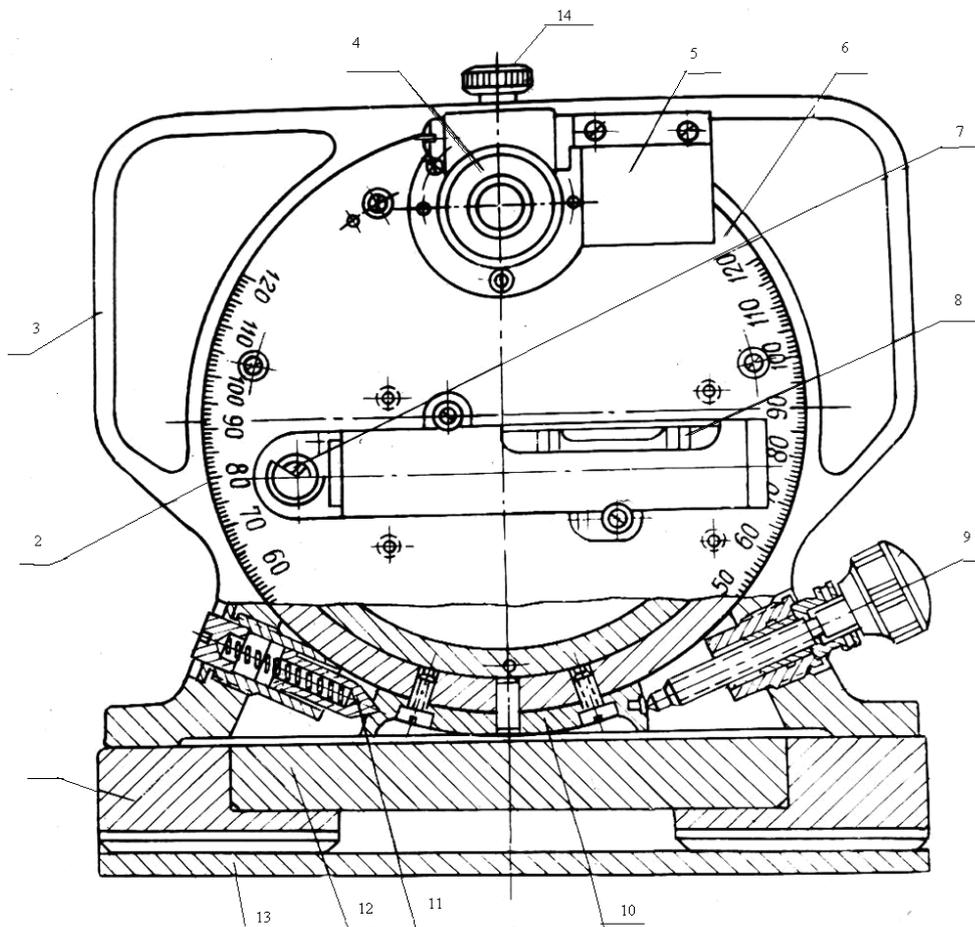


Рис.16. Устройство оптического квадранта

(вид со стороны микроскопа показан без кожуха уровней):

- 1—башмак; 2—корпус; 3—ручки; 4- микроскоп, 5-зеркало, 6—крышка;
7—поперечный уровень; 8-продольный уровень, 9—наводящий винт;
10—сектор; 11 – пружинное устройство, 12—магнит, 13-пластина,
14-закрепительный винт*

При зажатом винте 14 (рис.16) происходит жёсткое соединение крышки 6 и сектора 10. Поворот сектора 10 может быть осуществлен ввинчиванием

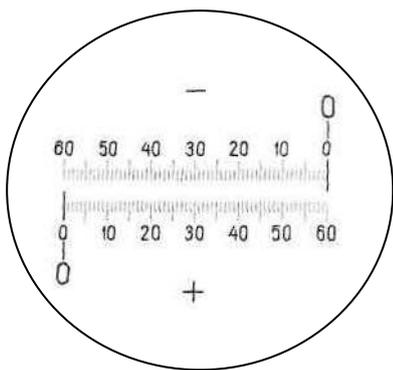


Рис. 17. Поле зрения окуляра микроскопа квадранта КО-1М

наводящего винта 9, либо его вывинчиванием усилием пружинного устройства 11. При отпущенном закрепительном винте 14 сектор 10 зажат между наводящим винтом 9 и пружинным устройством 11.

Для грубого отсчета или предварительной установки угла наклона основания квадранта к горизонту следует пользоваться шкалой, нанесенной на крышке 6. При этом отсчеты снимаются по указателю, расположенному ниже кожуха уровней.

Продольный уровень 8 имеет ампулу с ценой деления 30". Он предназначен для определения угла наклона проверяемой поверхности к горизонту. Поперечный уровень 7 имеет ампулу с ценой деления 4' и предназначен для ориентирования продольного уровня вдоль наклонной поверхности.

На горизонтальной плоскости специального ориентирования квадранта не требуется.

Снятие отсчетов

Число градусов определяется по оцифровке штриха лимба, изображение которого находится в пределах шкалы сетки микроскопа. В примере, приведенном на рис.18,а, этот отсчет равен 0°.

Число минут отсчитывается этим же штрихом лимба по шкале сетки микроскопа, причем по верхней шкале замеры углы условно отрицательные со знаком «-», по нижней положительные со знаком «+» (на рисунке этот отсчёт равен - 39').

Доли минут определяются на глаз как часть деления шкалы сетки (на рисунке эта часть равна половине деления, т.е. 30").

Таким образом, полный отсчет равен —0°39'30".

Измерение углов наклона

Для измерения углов наклона необходимо установить квадрант на плоскость или цилиндрическую поверхность, угол наклона к горизонтальной плоскости которой необходимо измерить.

При установке квадранта на плоскость необходимо:

- установить пузырек поперечного уровня на середину вращением квадранта вокруг оси цилиндрической поверхности;

- ослабить закрепительный винт 14 (рис.16) повернуть крышку 6 со шкалой так, чтобы пузырек продольного уровня занял примерно среднее положение;
- зажать винт 14 и наводящим винтом 9 вывести пузырек продольного уровня 8 точно на середину, при этом пузырек поперечного уровня 7 также должен быть на середине;
- наблюдая в микроскоп, снять отсчет, который будет углом наклона проверяемой поверхности к горизонту.

Установка поверхностей на заданный угол к горизонту

Пусть заданную плоскость необходимо наклонить против часовой стрелки на угол $25^{\circ}45'30''$.

Для этого нужно:

- ослабить закрепительный винт 14 и повернуть крышку 6 по часовой стрелке на угол $+25^{\circ},5$ (примерно равный заданному). Затем, зажав закрепительный винт 14 наводящим винтом 9, подвести шкалу сетки микроскопа к штриху лимба так, чтобы этот штрих находился посередине между делениями 45 и 46 (рис. 18,б). Отсчет по шкале микроскопа будет равен $+25^{\circ}45'30''$;
- установить квадрант на заданную поверхность и наклонить ее так, чтобы пузырьки продольного и поперечного уровней заняли среднее положение. В результате поверхность будет наклонена на угол $25^{\circ}45'30''$.

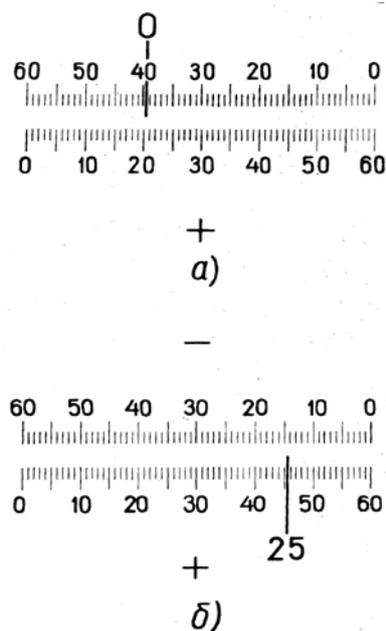


Рис. 18. Вид шкалы в поле зрения окуляра микроскопа при отсчете углов:
 а) $-0^{\circ}39'30''$
 б) $+25^{\circ}45'30''$

3. Применяемые приборы и оборудование. Методика измерений

Лабораторная установка состоит из приборов, измеряемых деталей, различных приспособлений.

Примечание: в качестве приборов студенту могут быть выданы следующие типовые приборы:

- нониусный угломер,
- оптический угломер КО-1М,
- оптический квадрант КО-1М.

Измерения на квадрантах и угломерах: прямые, контактные, абсолютные, дифференцированные.

4. Порядок выполнения работы

Внимательно прочитать введение к изучаемому вопросу.

1. Ознакомиться с методом измерения углов сравнения с образцовыми угловыми мерами.

2. Изучить устройство и настройку выданных для работы угломеров.

3. Произвести измерение углов, занести результаты измерения в таблицу 1 (см. приложение) и сделать заключение о годности данного угла в соответствии со стандартом.

4. Изучить назначение и устройство оптического квадранта и установить метрологические характеристики прибора, заполнить метрологическую карту (см. приложение, табл. 3).

5. Произвести измерение углов квадрантом, занести результаты измерения в таблицу 2 (см. приложение) и сделать заключение о годности данного угла.

6. Установить поверхность под заданным углом к горизонту.

5. Вопросы для контроля и самопроверки

1. Название единицы измерения углов.

2. На какие группы делятся углы и по каким признакам?

3. Какие степени точности углов установлены стандартами?

4. Как обозначается допуск угла?

5. Как обозначаются допуски на угловые размеры?

6. Как изобразить поле допуска углового размера?

7. Какие типы угловых призматических мер существуют?

8. Для чего предназначены угольники?

9. Какие угломеры по типу передач бывают?

10. Как читается отсчёт на нониусном угломере?

11. Для чего предназначены оптические квадранты?

6.Тест для самопроверки

- 1.Сколько степеней точности угловых размеров установлено стандартом?
а) 10 б) 17 в) 18 г) 3
- 2.Как располагается на схеме полей допусков допуск угла относительно номинального значения?
а) отклонения задаются симметрично относительно номинального угла
б) по системе вала
в) в плюсовую сторону относительно наименьшей стороны угла
- 3.Какой допуск указывается AT_α ?
а) допуск угла, выраженный в угловых единицах
б) допуск угла конуса
в) округлённое значение допуска в градусах, минутах, секундах
- 4.Можно или нет угломером модели УМ измерить внутренние углы?
а) можно в) надо установить специальную линейку
б) нельзя г) можно измерить косвенным методом
- 5.Для чего предназначены угловые меры?
а) для составления установочного размера
б) для непосредственного контроля углов
в) для поверки и градуирования угломерных приборов
г) все ответы а,б,в - правильные

Библиографический список

1. ГОСТ 8.417-81 ГСН Единицы физических величин. Введ.01.01.82.-М.: Изд-во стандартов, 1981.- 40 с.
2. Палей, М. Допуски и посадки: справочник в 2х частях / М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А.Брагинский.- Л.: Политехник, 1991.- 607 с.
3. Иванов, А. Технические измерения: учебник / А.И. Иванов.- М.: Колос, 1968.- 486 с.
4. Серый, И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учебник для вузов / И.С. Серый.- М.: Колос, 1981.- 351 с.
5. Шеметов, М. Метрологическое обеспечение токарных работ: справочник / М.Г. Шеметов, В.Г. Моисеев.- М.: Машиностроение, 1989.- 160 с.
6. Бриш, В. Технические измерения и приборы. Метрологическое обеспечение производства и единства измерений: учебное пособие / В.Н. Бриш, А.Н. Сигов.- Вологда: ВоГТУ, 2010.- 128 с.

Вологодский государственный технический университет

Кафедра технологии машиностроения

Дисциплины: метрология, стандартизация, сертификация; технические измерения и приборы.

Лабораторная работа №6

Средства и методы измерения углов и наклона поверхностей

Выполнил студент _____

Группа _____

Принял преподаватель _____

Отметка о зачёте _____

Цель работы _____

Последовательность выполнения:

1. Ознакомиться с методом измерения углов сравнением с образцовыми угловыми мерами.

2. Изучить устройство, регулировку и настройку выданного для работы угломера, заполнить метрологическую карту (табл.3.).

3. Произвести измерение углов, занести результаты измерения в табл.1 и сделать заключение о годности угла в соответствии с заданной преподавателем точности ГОСТ 8908-81(СТ СЭВ 178-75).

Таблица 1

Результаты измерения угломерами _____

№	Измеряемый угол	Показания прибора			Среднее значение измеряемого угла	Значение L_1 по стандарту	AT_α по стандарту	Заключение о годности угла
		1	2	3				
1								
2								
3								
4								

Допуски углов AT_α призматических элементов деталей следует назначать в зависимости от длины L_1 меньшей стороны угла (см. рис.1.).

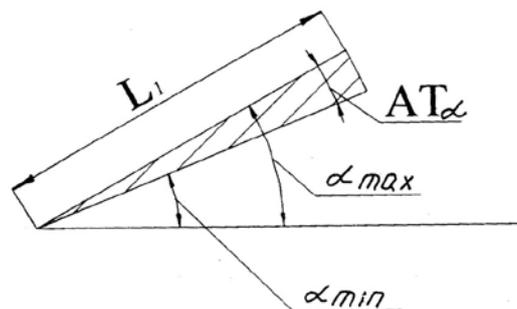


Рис. 1. Назначение допуска угла

4. Изучить устройство, регулировку и настройку выданного для работы квадранта, заполнить метрологическую карту (табл.3.).

5. Произвести измерение наклона поверхности, занести результаты измерения в табл.2.и сделать заключение о годности угла в соответствии с заданной преподавателем степенью точности (ГОСТ 8908-81;СТ СЭВ 178-75).

Таблица 2

Результаты измерений квадрантом

№	Измеряемый угол	Показания прибора			Среднее значение измеряемого угла	Значение L_1 по стандарту	AT_α по стандарту	Заключение о годности угла
		1	2	3				
1								
2								

Допуски углов наклона поверхностей AT_α призматических элементов деталей следует назначать в зависимости от длины L_1 поверхности.

Таблица 3

Метрологические характеристики приборов для измерения угловых размеров

Наименование прибора	Инвентарный номер прибора	Пределы измерения град.	Длина деления шкалы, I мм	Цена деления прибора, С, мин.	Чувствительность прибора $K=1/C$	Погрешность измерения $\pm \Delta Lim$	
						ΔLim	σ
Нониусный угломер							
Оптический угломер							
Оптический квадрант КО-1М							

6. Установить поверхность под заданным углом к горизонту.

$\alpha =$ _____

Нормальные углы и допуски углов

Углы должны соответствовать указанным в таблице 1.

При выборе углов ряд 1 следует предпочитать ряду 2, а ряд 2 - ряду 3.

Таблица 1

Ряды и размеры нормальных углов общего назначения (по ГОСТ 8908-81)

Ряд1	Ряд 2	Ряд3	Ряд1	Ряд 2	Ряд3
0°			30°	40°	35°
	30'	15'	45°		50° 55°
	1°	45'	60°		65° 70°
	2°	1°30'		75°	80° 85°
	3°	2°30'	90°		100° 110°
	4°		120°		135° 150° 165° 180° 270° 360°
5°	6°				
	7°				
	8°	9°			
	10°	12°			
15°		18°			
20°		22° 25°			

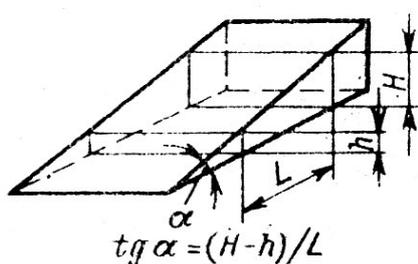


Рис.1. Призматическая деталь

Для призматических деталей (см. рис.1), кроме углов, приведенных в таблице 1, дополнительно допускается применять значения уклонов и соответствующих им углов, указанных в таблице 2.

Таблица 2

Уклоны и углы наклона

Уклон	Угол уклона	Уклон	Угол уклона
1 : 500	6' 52,5"	1 : 50	1° 8'44,7"
1 : 200	17' 11,3"	1 : 20	2° 51'44,7"
1 : 100	34' 22,6"	1 : 10	5° 42'38,1"

**Значения допусков углов для крайних значений интервалов длин L или L_1
(СТСЭВ 178-75)**

Интервал длин L, L_1 мм	Степени точности							
	13				14			
	AT_α		AT'_α	$AT_H; AT_D$	AT_α		AT_α	$AT_H; AT_D$
	мкрад	уг. ед.			мкрад	уг. ед.		
До 10 Св. 10	12500	42'58"	40'	До 125	20000	1°8'45'	1°	До 200
до 16 Св.16	10000	34'23"	32'	100-160	16000	55'	50' 40'	160-250
до 25 Св.25	8000	27'28"	26'	125-200	12500	42'58'	32' 26'	200-320
до 40 Св.40	6300	21'38"	20'	160-250	10000	34'23'	20' 16'	250-400
до 63 Св.63	5000	17'10"	16'	200-320	8000	27'28'	12' 10'	320-500
до 100 Св.100	4000	13'44"	12'	250-400	6300	2Г38'	8'	400-630
до 160 Св.160	3150	ЮЧ9"	10'	320-500	5000	17'10'	6'	500-800
до 250 Св. 250	2500	8'35"	8'	400-630	4000	13*44'	5'	630-1000
до 400 Св.400	2000	6'52"	6'	500-800	3150	10'48'	4'	800-1250
до 630 Св.630	1600	5'30"	5'	630-1000	2500	8'35'		1000-1600
до 1000	1250	4'18"	4'	800-1250	2000	6'52'		1250-2000
Св.1000до 1600	1000	3'26"	3'	1000-1600	1600	5'30'		1600-2500
Св.1600до2500	800	2'45"	2'30"	1250-2000	1250	4'18'		2000-3200

Подписано в печать 4.05.2011. Усл. печ. л. . Тираж .
Печать офсетная. Бумага офисная. Заказ № _____

Отпечатано: РИО ВоГТУ, г. Вологда, ул. Ленина, 15