

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Стандартизация, сертификация и управление качеством»

## **ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ**

Методические указания к выполнению лабораторной работы  
по дисциплинам: «Взаимозаменяемость», «Методы и средства измерений,  
испытаний и контроля», «Метрология, стандартизация и сертификация» для  
студентов специальностей  
200503, 151001, 151002, 190201, 190202, 190603, 190601, 280101, 190702



Курган 2009

Кафедра: «Стандартизация, сертификация и управление качеством»

Дисциплины: «Взаимозаменяемость» (специальность 200503);

«Методы и средства измерений, испытаний и контроля»  
(специальность 200503);

«Метрология, стандартизация и сертификация»  
(специальности 151001, 151002, 190201, 190202,  
190601,190603, 280101, 190702)

Составили: канд.техн.наук, доцент В.В. Марфицын

(введение; разделы 1; 3);

канд.техн.наук, профессор В.Н. Орлов (разделы 2; 4)

Составлены на основы переработанных и дополненных методических указаний к выполнению лабораторной работы «Измерение углов» /

С.П. Левашов. – Курган: КМИ, 1989.-15с.

Утверждены на заседании кафедры «30» октября 2009 г.

Рекомендованы методическим советом университета

«6» ноября 2009 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	4
1 Цель работы .....	4
2 Устройство, настройка и эксплуатация средств измерения углов абсолютным гониометрическим методом .....	8
3 Устройство, настройка и эксплуатация средств измерения углов косвенным тригонометрическим методом .....	14
4 Последовательность выполнения работы .....	15
<b>Список литературы</b> .....	15
<b>Приложение</b> .....	16

## **ВВЕДЕНИЕ**

Для измерения углов применяют различные средства в зависимости от точности изделия и типа производства. В производственных условиях применяются три основных метода измерения:

- метод сравнения с жесткими контрольными инструментами (угловыми мерами, угольниками, конусными калибрами, шаблонами);
- абсолютный гониометрический метод (конусные, оптические и индикаторные угломеры);
- косвенный тригонометрический метод (синусная линейка с использованием роликов и шариков, универсальный микроскоп, рычажные и микрометрические приборы)

## **1 УСТРОЙСТВО, НАСТРОЙКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ МЕТОДОМ СРАВНЕНИЯ**

### **1.1 Угловые призматические меры**

Угловые призматические меры предназначены для хранения и передачи единицы плоского угла, для проверки и гравировки угловых средств измерений, а также для контроля углов изделий.

К рабочим поверхностям угловых мер предъявляются те же требования, что и к плоскопараллельным концевым мерам длины.

Угловые призматические меры комплектуются в наборы, каждый из которых имеет определенное количество мер. Выбор угловых мер для составления их блоки производят аналогично выбору концевых мер – последовательной ориентации на последние цифры размера блока. Для соединения мер в блоки и крепления с линейкой применяют специальные принадлежности. Примеры применения угловых мер и принадлежностей показаны на рисунке 1.

Наибольшее распространение имеют угловые меры, выполненные в форме треугольника с одним рабочим углом и четырехугольника с четырьмя рабочими углами. Проверка производится методом «на просвет» («световой щели»). При хорошем освещении и определенном навыке погрешность измерения не превышает 15''.

### **1.2 Жесткие угольники**

Применяются для контроля прямых углов, разметочных работ, а также для контроля взаимного расположения деталей при сборке. Величина погрешности определяется по величине световой щели или щупом. Величина отклонения определяется в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – величина отклонений по щупу

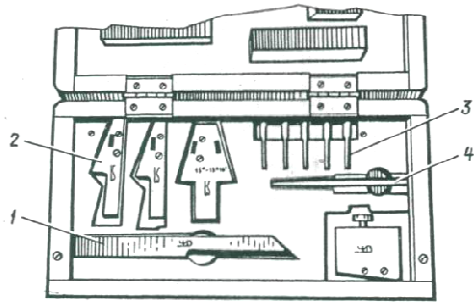
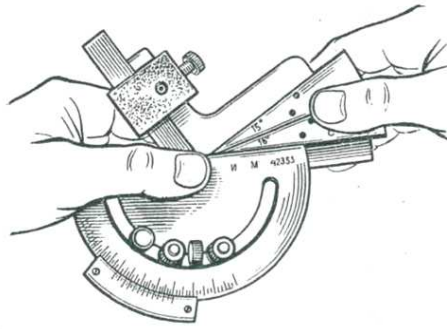
$\alpha$	10'	20'	30'	40'	50'	60'	120'	180'
l, мм	Толщина щупа $\alpha$ , мм							
10	0.03	0.06	0.08	0.1	0.14	0.17	0.35	0.52
100	0.3	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7	3.5	5.2

### 1.3 Угловые шаблоны

Односторонние угловые шаблоны предназначены для контроля одного определенного угла (рисунок 2).

### 1.4 Конусные калибры

Контроль конусов производится калибрами-пробками и втулками комплексным методом, одновременно проверяется угол конуса, диаметры и длина (рисунок 3).



1 — линейка, 2 — державка, 3 — клиновой штифт, 4 — отвертка

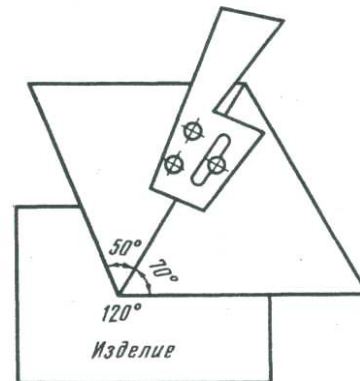
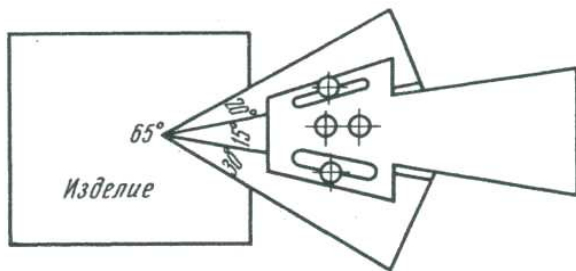
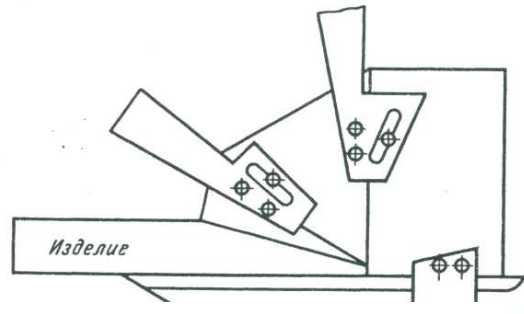
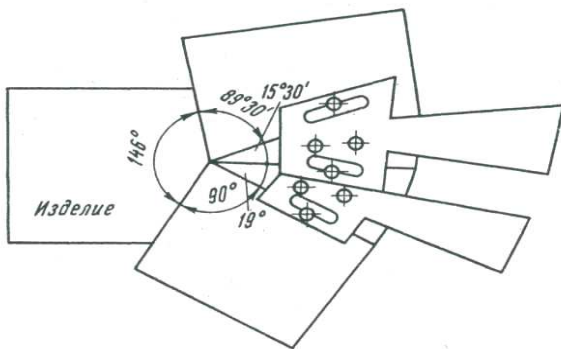
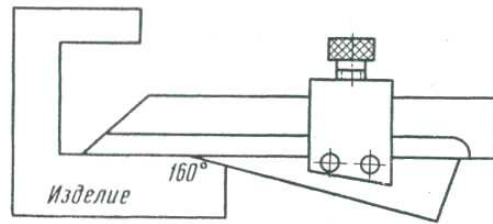
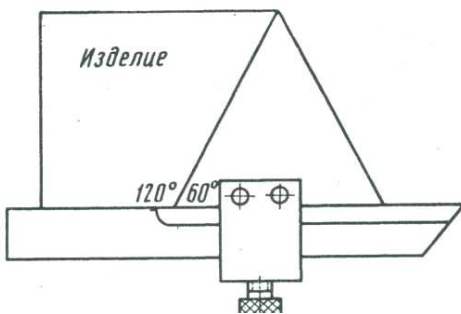
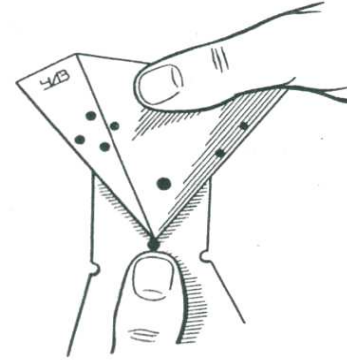


Рисунок 1- Примеры применения угловых мер

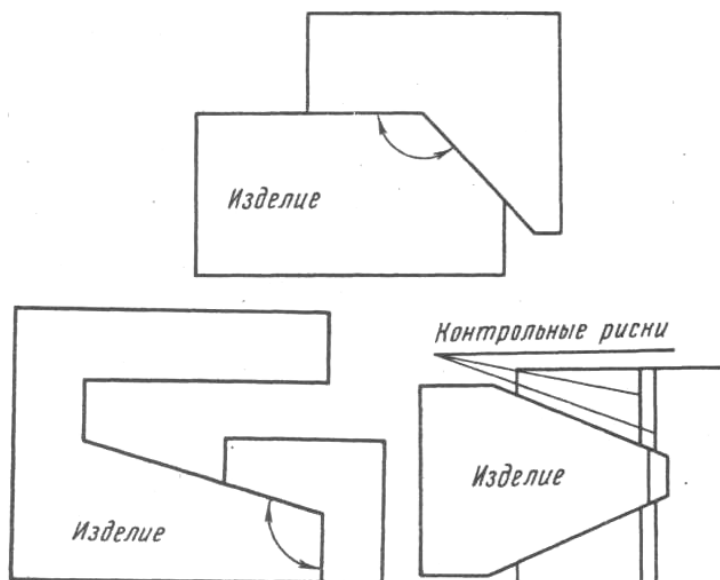
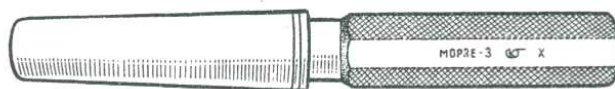
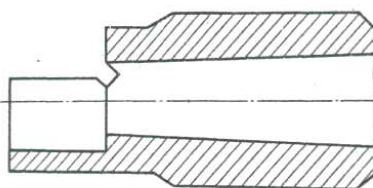


Рисунок 2 – Примеры применения угловых шаблонов



Калибр-пробка



Калибр-втулка

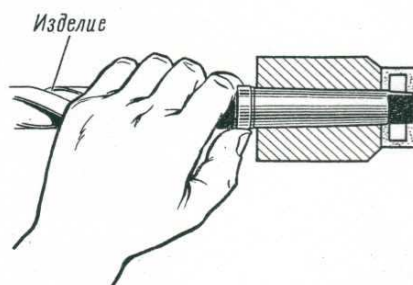
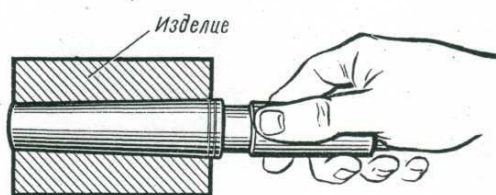


Рисунок 3 – Калибры для конусов и примеры их применения

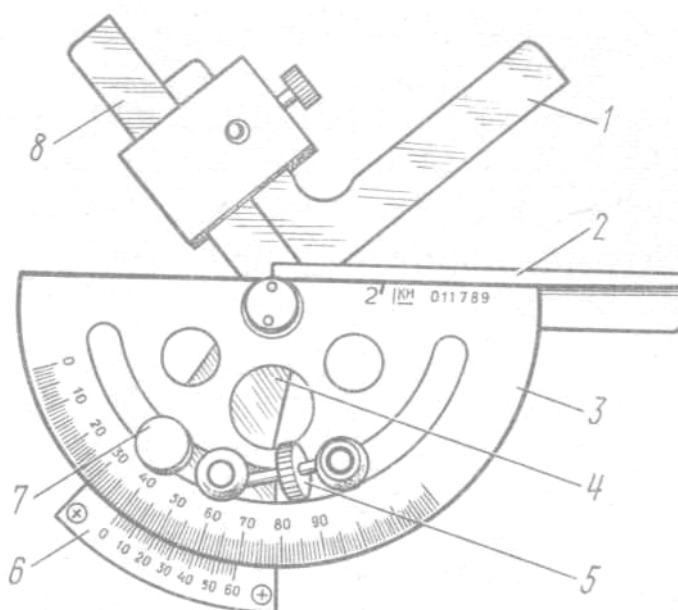
## 2 УСТРОЙСТВО, НАСТРОЙКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ АБСОЛЮТНЫМ ГОНИОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

### 2.1 Угломеры с нониусом

Угломеры с нониусом выпускаются двух типов: УМ (угломер конструкции Кушникова); УН (угломер конструкции Семенова).

#### 2.1.1 Угломер УМ

Угломер предназначен для измерения наружных углов в пределах от 0 до 180°. Конструкция угломера приведена на рисунке 4.



1- угольник; 2 – линейка основная; 3 – основание; 4 – сектор; 5 – устройство для микрометрической подачи; 6 – нониус; 7 – стопор; 8 – подвижная линейка

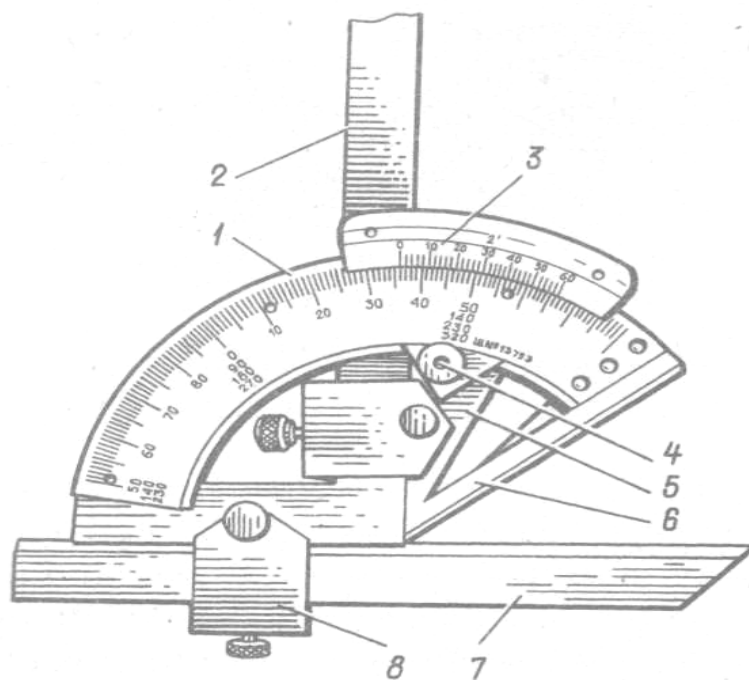
Рисунок 4 – Угломер УМ

#### 2.1.2 Угломер УН

Угломер предназначен для измерения наружных (от 0 до 180°) и внутренних углов (от 40 до 180°). Угломер типа УН (рисунок 5) состоит из основания 1 с угловой шкалой, имеющей диапазон показаний 90°, цену деления основной шкалы  $\alpha=1^\circ$ , отсчет по нониусу 2'. На основании закреплена основная линейка 6 и перемещается сектор 5 с нониусом 3. Стопор 4 фиксирует сектор в нужном положении. С помощью державки 8 к сектору можно прикрепить угольник 2, к которому державкой 8 может присоединиться, в свою очередь, съемная линейка 7. Последнюю можно также устанавливать прямо на сектор 5. В полном сборе между плоскостями основной и съемной линейки измеряют



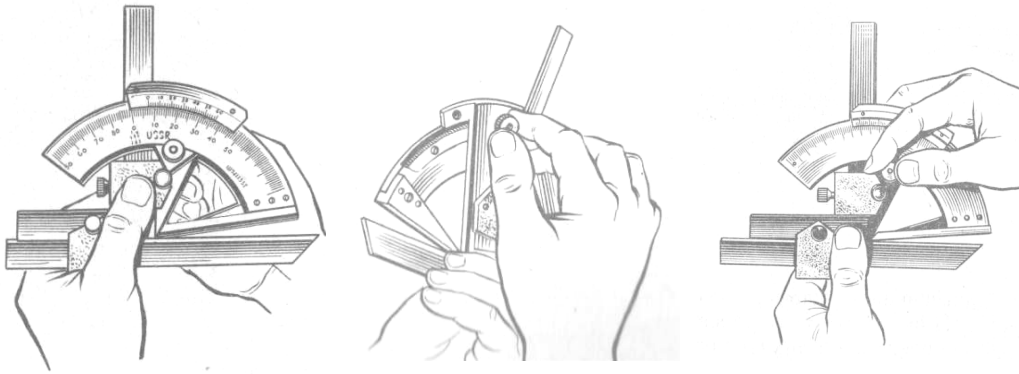
углы от 0 до  $50^{\circ}$ . Когда на секторе 5 установлена съемная линейка 7, пределы измерения составляют  $50-140^{\circ}$ . Если на секторе установлен угольник без линейки 7, то пределы измерения составляют  $140-200^{\circ}$ . Между плоскостями сектора 5 и основной линейки 6 измеряют углы  $230-320^{\circ}$ . Полный диапазон измерений угломера составляет  $0-320^{\circ}$ .



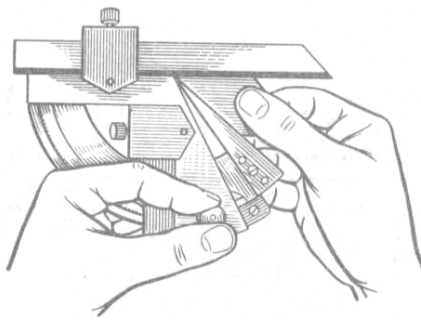
*1 – основание; 2 – угольник; 3 – нониус; 4 – стопор; 5 – сектор;  
6 – линейка основания; 7 – съемная линейка; 8 – державка*

Рисунок 5 – Угломер УН

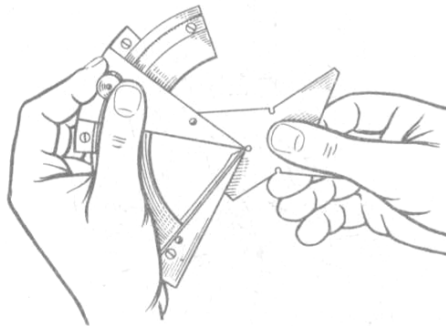
Примеры применения угломера приведены на рисунке 6.



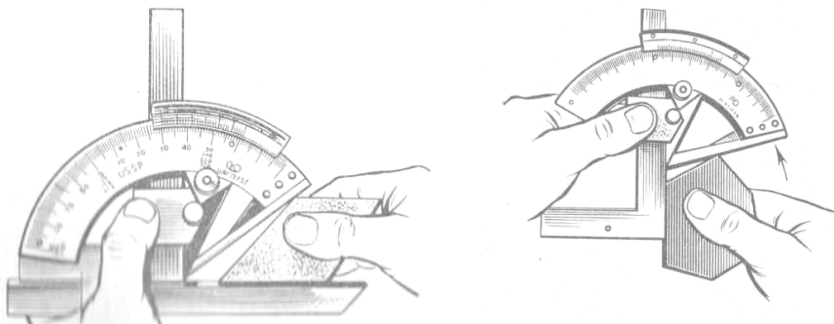
*а) установка угломера относительно наружного угла незакрепленной детали с помощью микроподачи*



*б) установка угломера относительно внутреннего угла незакрепленной детали с помощью микроподачи*



*в) измерение незакрепленной детали без применения микроподачи*



*г) измерение закрепленной детали*

Рисунок 6 – Примеры применения угломера УН

## 2.2 Оптический угломер

Оптический угломер (рисунок 7) состоит из корпуса 2 с отчетным устройством и двух линеек – сдвоенной 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.

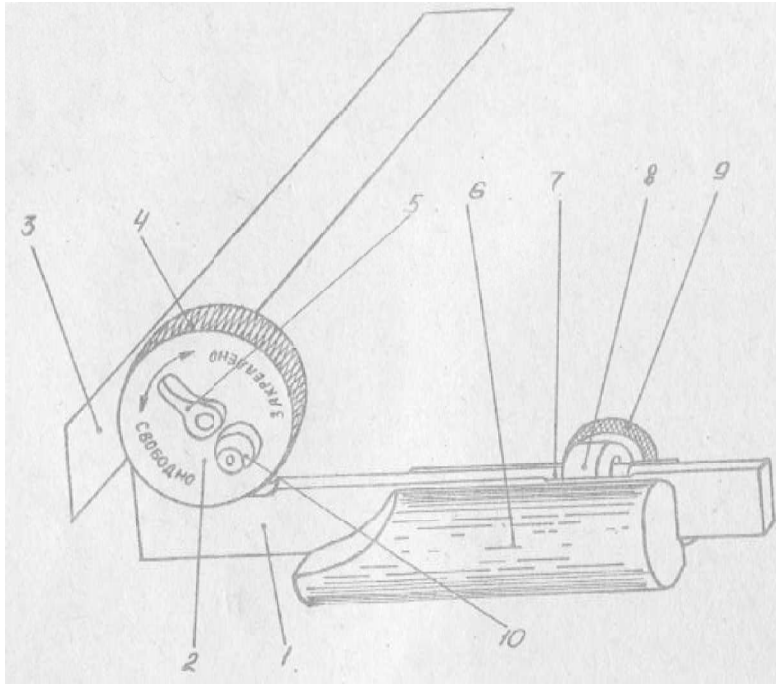


Рисунок 7 – Оптический угломер

При измерении таких углов сдвоенная линейка угломера закрепляется в пазу подставки 6 посредством вкладыша 7, прижима 8 и гайки 3.

Сдвоенная 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 16. Освещение шкалы лимба и индекса производится через окно в зажимном диске корпуса. Шкала лимба состоит из четырех секторов по  $90^\circ$ , разделенных на градусы, с нанесенными цифрами через каждые  $5^\circ$ . Каждый градус шкалы в свою очередь разделен на 6 частей. Таким образом, величина наименьшего интервала шкалы составляет 10 угловых минут.

Для измерения угла оптическим угломером необходимо:

1 Вставить сменную линейку в вырез основания и поворотом зажимного рычага закрепить ее по длине в удобном для измерения положении.

2 Поворотом зажимного кольца против часовой стрелки освободить угловой зажим линеек.

3 Рабочие плоскости линеек плотно приложить к плоскостям или ребрам, образующим измеряемый угол. Качество прилегания проверить на свет. При измерении углов, одной из сторон которых является цилиндрическая поверхность, следует пользоваться подставкой 6 (рисунок 7).

4 Поворотом зажимного кольца по часовой стрелке зафиксировать измеряемый угол.

5 Направив окно для подсветки в сторону источника света, снять отсчет по шкале с угломера.

Отсчет берется по ближайшему штриху деления лимба или по половине расстояния между двумя штрихами, т.е. округляется до  $5'$ . В этом случае ошибка отсчета не будет превышать  $2,5'$ . Суммарная погрешность измерения, определяющая точность прибора, не превышает  $5'$ .

В случае измерения углов, не превышающих  $90^\circ$ , индекс по шкале угломера непосредственно показывает величину измеряемого угла.

В тех случаях, когда измеряемые углы больше  $90^\circ$ , индекс показывает величину дополнительного угла.

Величина измеряемого угла в этом случае определяется по формуле:

$$\alpha_2 = 180^\circ - \alpha_1 \quad , \quad (1)$$

где  $\alpha_1$  - отсчет по шкале;

$\alpha_2$  - измеряемый тупой угол.

На рисунке 8 изображено поле зрения угломера с отсчетом  $5^{\circ}30'$ . Таким образом, если измеряемый угол меньше  $90^\circ$ , то при указанном отсчете его величина будет равна  $\alpha_1 = 5^{\circ}30'$ . Если измеряемый угол больше  $90^\circ$ , то его величина будет равна  $\alpha_2 = 180^\circ - 5^{\circ}30' = 174^{\circ}30'$ .

На рисунке 9 показаны некоторые примеры пользования угломером при измерении углов.

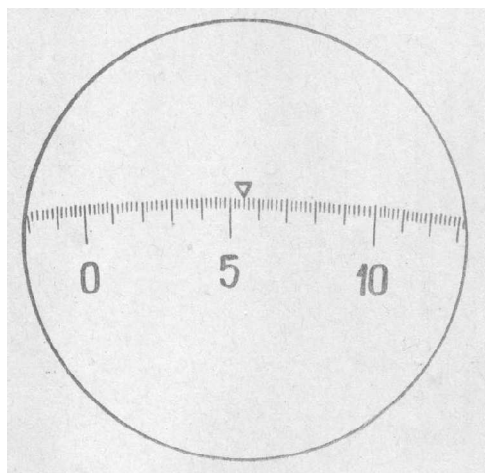


Рисунок 8 –Поле зрения угломера

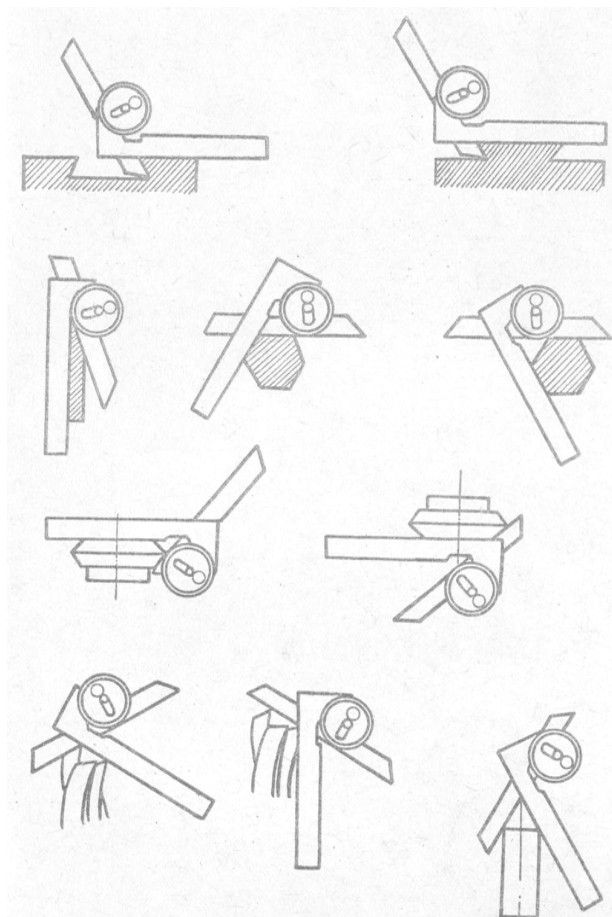


Рисунок 9 – Примеры использования угломера

### **3 УСТРОЙСТВО, НАСТРОЙКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ КОСВЕННЫМ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

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

Для измерения углов косвенным тригонометрическим методом используют синусную линейку (рисунок 10). 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 10) 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 1 устанавливают синусную линейку 2. Проверяемую деталь 3 укладывают на предметный столик синусной линейки и удерживают на ней упором 4. Под один из роликов 5 подкладывают блок концевых мер 6. Высоту блока  $H$  устанавливают таким образом, чтобы верхняя грань измеряемой детали (или образующая конуса) стала параллельна поверочной плите 1. При этом угол  $\alpha$  наклона линейки будет равен измеряемому углу детали.

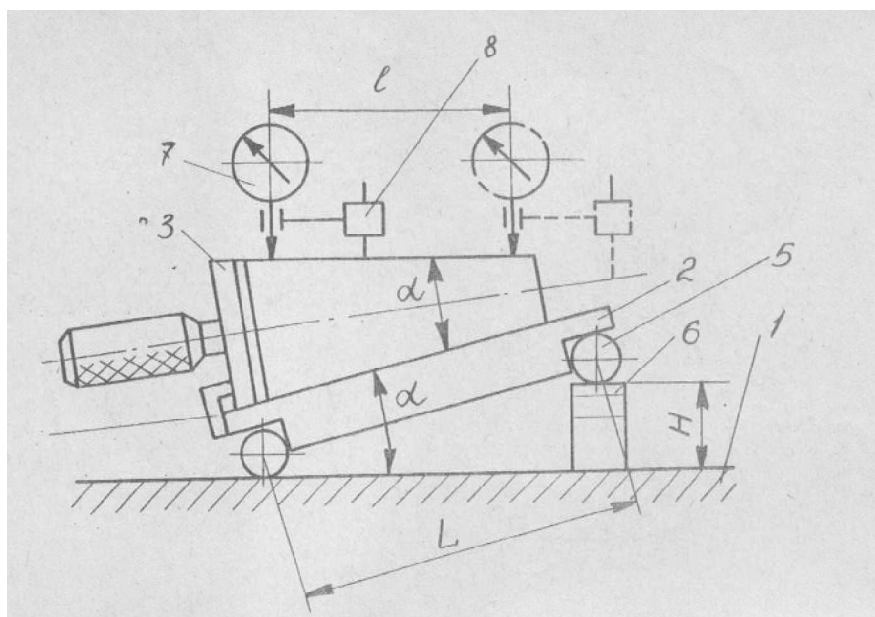


Рисунок 10 – Измерение конуса на синусной линейке

Параллельность измеряется с помощью индикатора 7, закрепленного в стойке 8. 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:

$$\sin \alpha = \frac{H}{L} . \quad (2)$$

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

## 4 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1 Ознакомиться с руководством к лабораторной работе;

4.2 Заполнить в таблице 1 отчета (приложение 1) характеристики применяемых инструментов: пределы измерения, цена деления шкалы, погрешность измерения;

4.3 Измерить заданные углы угломером типа УН. Порядок измерения заключается в следующем:

4.3.1 Протереть поверхности измеряемой детали;

4.3.2 Проверить правильность показаний угломера, совместив рабочие поверхности линеек;

4.3.3 Произвести не менее трех раз измерения углов, указанных в задании;

4.3.4 Записать полученные результаты в отчет;

4.4 Измерить заданные углы оптическим угломером. Для этого необходимо:

4.4.1 Собрать угломер в соответствии с одной из схем, показанных на рисунке 9;

4.4.2 Проверить правильность показаний угломера, совместив рабочие поверхности линеек;

4.4.3 Произвести измерения заданных углов;

4.4.4 Записать полученные результаты в отчет;

4.5 Измерить заданные углы синусной линейкой. Порядок работы изложен в п.3 настоящего руководства;

4.6 Оформить отчет по лабораторной работе с указанием даты выполнения, номера группы и фамилий исполнителей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Берков В.И. Технические измерения. – М.: Высш. шк., 1988.-128с.
- 2 Скуратов Д.Л., Трусов В.Н. Измерение геометрических параметров деталей на рычажно–механических и оптико–механических приборах: Метод. указания. – Самара: Самар.гос.аэрокосм.ун-т, 2005. – 30 с.
- 3 Пахоменко А.Н, Романова О.Г. Измерение гладких деталей относительным методом: Метод указания. – Тольятти: Тольяттинский гос. ун-т, 2005.-13 с.
- 4 Никитин В.А., Бойко С.В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. – Оренбург: Оренбургский гос.ун-т, 2004.-396 с.
- 5 Радкевич Я.М., Радкевич Я.М., Схиртладзе А.Г., и др. Метрология, стандартизация и сертификация. – М.: Высш.шк., 2006.-800 с.

# О Т Ч Е Т

к лабораторной работе «Измерение углов»

## Х а р а к т е р и с т и к а    и н с т р у м е н т о в

Завод- изготовитель	Пределы измерения	Цена деления нониуса

Наименование инструмента	Эскиз измеряемой детали	Номер измерения	Отсчет по основной шкале	Отсчет по нониусу	Размер	Среднее арифметическое
		I				
		II				
		III				
		I				
		II				
		III				
		I				
		II				
		III				

Работу выполнил \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Работу принял \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.



Марфицын Валерий Владимирович  
Орлов Валерий Николаевич

## ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ

Методические указания к выполнению лабораторной работы  
по дисциплинам: «Взаимозаменяемость», «Методы и средства измерений,  
испытаний и контроля», «Метрология, стандартизация и сертификация» для  
студентов специальностей:  
200503, 151001, 151002, 190201, 190202, 190603, 190601, 280101, 190702

Редактор Н.М. Устюсова

---

Подписано к печати	Формат 60×84 1/16	Бумага тип.№1
Печать трафаретная	Усл.печ.л.	Уч.-изд.л.
Заказ	Тираж 100	Цена свободная

---

Редакционно-издательский центр КГУ.  
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.  
Курганский государственный университет.